

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Influencia del índice de CBR en subrasantes adicionando porcentajes de
escombros de concreto en pavimentos, Nuevo Chimbote-Perú**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTORES:

Bach. Callan Luna, Eutiquio Renzo

Bach. Feijoo Vilchez, Gerardo

ASESOR:

Mg. Rivasplata Diaz, Julio Cesar

DNI: 32770844

Código ORCID: 0000-0002-4180-9362

Nuevo Chimbote – Perú

2025

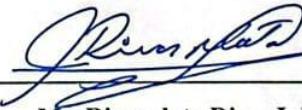
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Influencia del índice de CBR en subrasantes adicionando porcentajes de escombros de
concreto en pavimentos, Nuevo Chimbote-Perú”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL



Ms. Rivasplata Diaz, Julio Cesar
Integrante
DNI: 32770844
Código ORCID: 0000-0002-4180-9362

NUEVO CHIMBOTE-PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“Influencia del índice de CBR en subrasantes adicionando porcentajes de escombros de
concreto en pavimentos, Nuevo Chimbote-Perú”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar
Presidente
DNI: 32942184
ORCID: 000-0003-2949-6591

Ms. Álvarez Asto, Luz Esther
Secretario
DNI: 32968961
ORCID: 000-0001-6491-6569

Ms. Rivasplata Diaz, Julio Cesar
Integrante
DNI: 32770844
Código ORCID: 0000-0002-4180-9362

NUEVO CHIMBOTE-PERÚ

2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 30 días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 09:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 818-2025-UNS-CFI, con fecha 19.12.2025, integrado por los siguientes docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante) y Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 968-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE - PERÚ", presentado por los Bachilleres FEIJOO VILCHEZ GERARDO con cód. N° 0201913024 y CALLÁN LUNA EUTQUIO RENZO con cód. N° 0201913014, quienes fueron asesorados por el docente Ms. Julio César Rivasplata Díaz según lo establece la T. Resolución Decanal N° 399-2023-UNS-FI, de fecha 19.06.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CALLÁN LUNA EUTQUIO RENZO	17	BUENO

Siendo las 10:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 30 de diciembre de 2025.



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

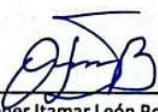
A los 30 días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 09:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 818-2025-UNS-CFI, con fecha 19.12.2025, integrado por los siguientes docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante) y Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 968-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE - PERÚ", presentado por los Bachilleres FEIJOO VILCHEZ GERARDO con cód. N° 0201913024 y CALLÁN LUNA EUTIQUÍO RENZO con cód. N° 0201913014, quienes fueron asesorados por el docente MS. Julio César Rivasplata Díaz según lo establece la T. Resolución Decanal N° 399-2023-UNS-FI, de fecha 19.06.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

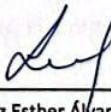
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
FEIJOO VILCHEZ GERARDO	17	BUENO

Siendo las 10:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

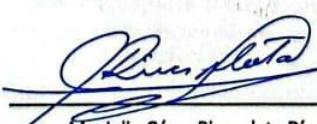
Nuevo Chimbote, 30 de diciembre de 2025.



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Integrante

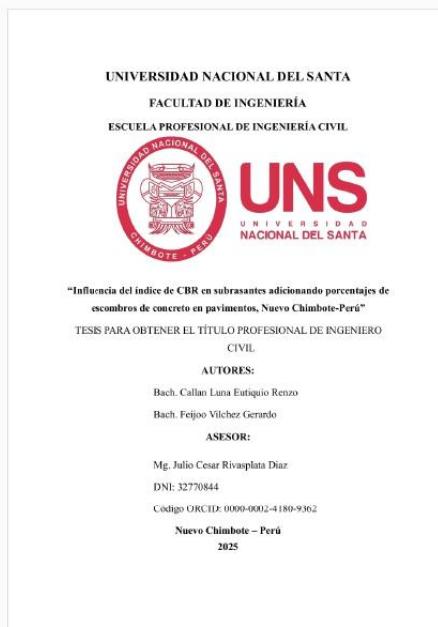


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Gerardo Feijoo Vilchez
Título del ejercicio: "Influencia del índice de CBR en subrasantes adicionando porc...
Título de la entrega: Influencia del índice de CBR en subrasantes adicionando porc...
Nombre del archivo: Influencia_del_índice_de_CBR_en_subrasantes_adicionando_p...
Tamaño del archivo: 5.93M
Total páginas: 199
Total de palabras: 49,906
Total de caracteres: 242,298
Fecha de entrega: 22-ene-2026 11:53a.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2742757433



Influencia del índice de CBR en subrasantes adicionando porcentajes de escombros de concreto en pavimentos, Nuevo Chimbote-Perú.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
5	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1 %
6	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	ECOLAB S.R.L.. "PMA para la Modificación de la Disposición de Detritos de Perforación, Lote X, Talara - Piura-IGA0001595", R.D. N° 048-2010-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
9	Submitted to Universidad Nacional de Piura Trabajo del estudiante	<1 %
10	INSETECO SRL. "EIA para Instalación de una Planta Envasadora de GLP-IGA0020177", R.D. N° 870-2007-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
11	Ali A. Kamal, Hasan Al-Mosawe. "Aspects influencing the rutting distress in flexible pavements: Review article", AIP Publishing, 2024	<1 %



DEDICATORIA

A mi querido abuelo, Herminio Vilchez Namuche. Tu recuerdo y tus enseñanzas permanecen grabados en mí, brindándome la fortaleza inquebrantable para alcanzar cualquier meta. Tu ejemplo de vida me inspira a seguir adelante, sabiendo que tu legado será siempre una leyenda en mi mente y corazón.

A mi abuela, Margarita Chiroque Macalupu, por su amor incondicional, su sabiduría y por ser el refugio constante en mi existencia.

A mis Padres, Flor María Vilchez Chiroque y Carlos Pérez, pilares fundamentales de mi educación y desarrollo personal. Su esfuerzo incansable, guía y sacrificio han sido el motor que me permite alcanzar este logro profesional y a mi hermana, Fátima Pérez, quien con su confianza me motiva a ser un modelo a seguir, deseando que este triunfo sea una inspiración para sus propias metas. Extiendo esta dedicatoria a mis demás familiares, cuyo amor y respaldo han sido un soporte esencial en este proceso académico. Este triunfo es compartido con todos ustedes.

Gerardo Feijoo



DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza, la salud y la sabiduría para culminar esta etapa.

A mis padres, Iris y James, por su amor infinito, su fe en mí y cada sacrificio hecho para que yo llegara hasta aquí y aunque no esté mi padre espero este muy orgulloso de mí.

A mi prima y tía, Judith y Emelda, porque me apoyaron y cuidaron como parte de su familia también por sus consejos y apoyo que hicieron que este momento fuera posible.

Eutiquio Callan



AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra profunda gratitud a las personas cuyo apoyo y guía fueron esenciales para la realización de este trabajo de investigación:

En primer lugar, extendemos nuestro más sincero agradecimiento a nuestro Asesor de Tesis, el Ing. Julio César Rivasplata Díaz. Su compromiso, orientación profesional y valiosos conocimientos técnicos fueron pilares fundamentales que dotaron a este estudio de la rigurosidad y calidad científica requerida, guiándonos en cada etapa del proceso investigativo.

A la Plana Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Del Santa, por la formación académica integral impartida a lo largo de nuestra carrera. Sus enseñanzas sentaron las bases teóricas y prácticas que permitieron abordar y desarrollar esta tesis con solvencia.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
LISTADO DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	21
1.1 Descripción Y Formulación Del Problema.....	22
1.1.1. Descripción	22
1.1.2. Formulación Del Problema	28
1.2 Objetivos.....	29
1.2.1. Objetivo General.....	29
1.2.2. Objetivos Específicos.....	29
1.3 Formulación De La Hipótesis.....	30
1.4 Justificación E Importancia	30
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	32
2.1 Antecedentes.....	33
2.2 Marco Conceptual.....	37
2.2.1. California Bering Ratio (CBR)	37
2.2.2. Pavimentos.....	43



2.2.3. Sub Rasante.....	46
2.2.4. Escombros de Concreto Como Material Mejorador	49
2.2.5. Mejoramiento de Subrasantes	52
2.2.6. Diseño de Pavimentos Flexibles	56
2.2.7. Metodología AASHTO Para Pavimentos.	57
2.2.8. Presupuestos En Obras Viales.....	72
2.3 Marco Normativo	74
2.3.1. Normas Técnicas de Diseño y Construcción (Perú)	74
2.3.2. Normas Técnicas Peruana (NTP).....	75
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	76
3.1 Enfoque De La Investigación	77
3.2 Método.....	77
3.3 Diseño De Investigación.....	77
3.3.1. Diseño de Contrastación de la Hipótesis	77
3.3.2. Diseño Experimental:.....	78
3.4 Población	80
3.5 Muestra	80
3.6 Operacionalización De Las Variables De Estudio.....	80
3.6.1. Definición De Variables.....	80
3.7 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos	82
3.7.1. Técnicas De Recolección De Datos.....	82



3.7.2. Instrumentos de recolección de datos	82
3.8 Técnicas De Análisis De Resultados	83
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 84	
4.1 Resultados.....	85
4.1.1. Resultados Del CBR De La Subrasante Natural	85
4.1.2. Resultados Del Cbr De La Subrasante Con Escombros	87
4.1.3. Diseño del Pavimento Flexible	94
4.1.4. Análisis De Costos.....	101
4.1.5. Contrastación de la Hipótesis.....	103
4.2 Discusiones.....	105
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 115	
5.1 Conclusiones.....	116
5.2 Recomendaciones	118
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES 120	
CAPÍTULO VII: Anexos 127	
7.1 Anexo N°01: Matriz De Consistencia	128
7.2 Anexo N°02: Matriz De Operacionalización De Variables	129
7.3 Anexo N°03: Prueba de Normalidad	130
7.4 Anexo N°04: Cálculo Del Valor F de Fisher	133
7.5 Anexo N°05: Cálculo Del Valor F de Fisher	135
7.6 Anexo N°06: Análisis de Costos Unitarios (APU).....	138



7.7	Anexo N°07: Ensayos de Laboratorio	143
7.8	Anexo N°08. Estudio De Tráfico.....	187
7.9	Anexo N°09: Diseño De Pavimento Flexible.....	192
7.10	Anexo N°10: Cotizaciones	194
7.11	Anexo N°11: Panel Fotográfico.....	198
7.12	Anexo N°12: Plano de calicatas – topográfico.	205

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escombros de concreto en la Av. 03 de la Urb. Los Jardines - Nuevo Chimbote ..	31
Figura 2. Ensayo de espécimen en Prensa CBR	38
Figura 3. Escombros de concreto de diferentes tamaños.....	49
Figura 4. Muestra de suelos natural más escombros de concreto para ensayo CBR	56
Figura 5. Calicata N°01: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.1" de penetración	90
Figura 6. Calicata N°01: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.2" de penetración	91
Figura 7. Calicata N°02: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.1" de penetración	91
Figura 8. Calicata N°02: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.2" de penetración	92
Figura 9. Calicata N°03: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.1" de penetración	92
Figura 10. Calicata N°03: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.2" de penetración	93
Figura 11. Diseño de Pavimento	95
Figura 12. Gráfico de sectores: Tipos de Vehículos.....	97
Figura 13. Gráfico de sectores: Vehiculos IMD	98
Figura 14. Análisis de Costos	102
Figura 15. Análisis de costo unitario de la partida: CONFORMACION Y COMPACTACION A NIVEL DE SUB-RASANTE	138
Figura 16. Análisis de costo unitario de la partida: SUB BASE GRANULAR E=25CM. .	138
Figura 17. Análisis de costo unitario de la partida: BASE GRANULAR E=20CM.	139
Figura 18. Análisis de costo unitario de la partida: IMPRIMACION ASFALTICA.	139
Figura 19 Análisis de costo unitario de la partida: CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE. E=2"	140
Figura 20. Análisis de costo unitario de la partida: MEJORAMIENTO A NIVEL DE SUB- RASANTE CON ESCOMBROS DE CONCRETO (15%).....	140
Figura 21. Análisis de costo unitario de la partida: SUB BASE GRANULAR E=15CM ..	141



Figura 22. Análisis de costo unitario de la partida: BASE GRANULAR E=15CM	141
Figura 23. Análisis de costo unitario de la partida: IMPRIMACION ASFALTICA	142
Figura 24. Análisis de costo unitario de la partida: IMPRIMACION ASFALTICA	142
Figura 25. Escombros de concreto alrededor de la escuela de ingeniería civil en la Universidad Nacional del Santa - Nuevo Chimbote	198
Figura 26. Escombros de concreto en Calle 02 en Villa el Periodista - Nuevo Chimbote. .	198
Figura 27. Escombros de concreto en Psj. Los Gladiolos en la Urb. Bellamar - Nuevo Chimbote.....	199
Figura 28. Escombros de concreto en Psj. Los Gladiolos en la Urb. Bellamar - Nuevo Chimbote.....	199
Figura 29. Exploraciones a cielo abierto (Calicatas) en la Av. aviación en villamaria – Nuevo Chimbote.....	200
Figura 30. Ensayo de contenido de humedad en horno.	200
Figura 31. Cuarteo de escombros de concreto.....	201
Figura 32. Selección de escombros de concreto triturados.....	201
Figura 33. Ensayo granulométrico por tamizado.....	202
Figura 34. Ensayo granulométrico por tamizado.....	202
Figura 35. Espécimen para ensayo CBR sumergido en agua 96 horas.....	203
Figura 36. Ensayo de Proctor modificado, compactación de espécimen de 4".....	203
Figura 37. Estudio de tráfico en la Av. Aviación Pj Villamaria - Nuevo Chimbote.....	204
Figura 38. Ensayo de espécimen en prensa CBR.	204

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Vehículos para el estudio de tráfico.....	59
Tabla 2. Numero de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalente de 8.2 tn, en el carril de Diseño.....	60
Tabla 3. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico	64
Tabla 4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (ZR) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el rango de tráfico.....	65
Tabla 5. Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) según Rango de Trafico.....	67
Tabla 6. Índice de Serviciabilidad Final (Pt) según Rango de Trafico.....	68
Tabla 7. Operacionalización de las variables.....	81
Tabla 8. Clasificación de suelos en SUCS del suelo natural de cada calicata.	85
Tabla 9. Clasificación de suelos en AASHTO del suelo natural de cada calicata.....	86
Tabla 10. Resultados de ensayo Proctor modificado del suelo natural.	86
Tabla 11. Resultados del ensayo de CBR del suelo natural.	87
Tabla 12. Resultados de ensayo Proctor modificado del suelo adicionando escombros de concreto.....	88
Tabla 13. Resultados de ensayo Proctor modificado del suelo adicionando escombros de concreto.....	89
Tabla 14. Cálculo de espesores de las capas, con subrasante natural.	94
Tabla 15. Resultados del valor de SNR, con subrasante natural.....	94
Tabla 16. Cálculo de los espesores de las capas con subrasante adicionando escombros de concreto.....	94
Tabla 17. Resultados del valor de SNR, con subrasante adicionando escombros de concreto.	95



Tabla 18. Cálculo de numero de ejes equivalentes (ESAL).....	99
Tabla 19. Resumen del cálculo de espesor de escombros de concreto en la subrasante.....	100
Tabla 20. Pavimento flexible sin adición de escombros en la subrasante.....	101
Tabla 21. Pavimento flexible con adición de escombros de concreto en la subrasante.....	102
Tabla 22. Datos para el análisis estadístico.....	103
Tabla 23. Matriz de consistencia.....	128
Tabla 24. Matriz de Operacionalización de Variables.....	129
Tabla 25. Coeficientes para prueba de normalidad de Shapiro – Wilks.....	130
Tabla 26. Resumen de cálculos realizados para la prueba de normalidad.	131
Tabla 27. Valores para $W(x_1; x_2)$	132
Tabla 28. Valores de la F de Fisher.....	135
Tabla 29. Valores de la F de Fisher.....	137
Tabla 30. Resumen de estudio de tráfico, vehículos ligeros.	187
Tabla 31. Resumen de estudio de tráfico, vehículos pesados.	188
Tabla 32. Índice medio diario semanal, vehículos ligeros.	189
Tabla 33. Índice medio diario anual, vehículos ligeros.....	189
Tabla 34. Índice medio diario semanal, vehículos pesados.	190
Tabla 35. Índice medio diario anual, vehículos pesados.....	190
Tabla 36. Proyección vehicular al año de estudio, vehículos ligeros.....	191
Tabla 37. Proyección vehicular al año de estudio, vehículos pesados.	191



RESUMEN

La presente investigación evaluó la influencia de la adición de porcentajes de escombros de concreto en el índice de CBR de subrasantes de pavimentos en Nuevo Chimbote, empleando una metodología aplicada, de nivel explicativo y enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental. Se determinó que el suelo natural (patrón) poseía un CBR promedio entre 9.14% y 11.88% (calidad regular a buena), pero tras analizar adiciones de 10%, 15% y 20% de escombros, la mezcla óptima con el 15% de material reciclado elevó el CBR promedio significativamente hasta el 30.41% (categoría excelente), representando un aumento del 192% en la resistencia del suelo. Esta mejora en el índice CBR (AASHTO 1993) permitió una reducción de 5cm en los espesores de la base y sub-base, y de 2.54cm en la carpeta asfáltica, lo que se traduce en una reducción de costos del 18.02%. Se concluye, por lo tanto, que el uso de escombros de concreto influye positiva y significativamente en la resistencia del suelo, validándose como una alternativa técnica, sostenible y económicamente viable para la optimización del diseño de pavimentos flexibles.

Palabras clave:

Ingeniería, suelos, Desechos de construcción



ABSTRACT

This study evaluated the influence of adding percentages of concrete rubble on the CBR index of pavement subgrades in Nuevo Chimbote, using an applied methodology, explanatory level, and quantitative approach with a quasi-experimental design. It was determined that the natural soil (standard) had an average CBR between 9.14% and 11.88% (fair to good quality), but after analyzing additions of 10%, 15%, and 20% of debris, the optimal mixture with 15% recycled material significantly increased the average CBR to 30.41% (excellent category), representing a 192% increase in soil strength. This improvement in the CBR index (AASHTO 1993) allowed for a 5 cm reduction in the thickness of the base and sub-base, and a 2.54 cm reduction in the asphalt layer, which translates into a cost reduction of 18.02%. It can therefore be concluded that the use of concrete rubble has a positive and significant influence on soil resistance, validating it as a technical, sustainable, and economically viable alternative for optimizing the design of flexible pavements.

Keywords:

Engineering, soils, construction waste



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción Y Formulación Del Problema

1.1.1. *Descripción*

(The World Bank, 2023) realiza una publicación en respuesta a la creciente preocupación por la gestión ineficiente de residuos de construcción en Croacia, actualmente el país europeo enfrenta grandes desafíos significativos con respecto a la gestión de residuos, con una baja circularidad del 5.7% en 2021 en comparación a la UE con 11.7%. En respuesta, el Ministerio de Economía y Desarrollo Sostenible de Croacia y el Banco Mundial colaboraron en un programa de asistencia técnica de dos años, durante este lapso de tiempo se pretende impulsar la transición hacia una Economía Circular. Al finalizar los dos años la colaboración generó resultados notables, como el inicio de un Plan de Acción sectorial (2023-2027) y contribuciones al nuevo Plan de Gestión de Residuos (2023-2028). Con respecto al Plan de Acción para la Economía Circular propuesto para la gestión de residuos de la construcción, proporcionó una propuesta para reducir la generación de residuos y alcanzar el objetivo de la UE de recuperar el 70 % de los residuos de la construcción, en este plan también se destacan la necesidad de motivar y fortalecer el mercado de materias primas y subproductos, mejorar las estadísticas con respecto a la gestión sobre residuos de la construcción y reducir los vertederos ilegales de residuos de construcción. A pesar de avances, el país depende en gran medida de vertederos. A pesar de los resultados óptimos, persisten desafíos, incluida la necesidad de políticas sólidas y participación. La asistencia técnica fortaleció la conciencia pública y la capacidad técnica, estableciendo un Comité de Economía Circular y proponiendo un Plan de Acción para la Economía Circular para abordar objetivos de la Unión Europea y avanzar hacia una gestión sostenible de residuos de construcción y demolición.

(Bedoya Montoya & Gutiérrez Flórez, 2022) realiza un trabajo de investigación en el Valle de Aburrá, dicho lugar se caracteriza por extraer materia prima para la producción de concreto, mediante el proceso de extracción a cielo abierto en sus propias laderas. Esto conlleva

a generar diariamente alrededor de 8000 toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD), los autores señalan que actualmente se tiene un escaso aprovechamiento de estos residuos. Estas prácticas junto con la extracción de materias primas, impacta negativamente provocando una crisis ambiental en términos de entropía de los ecosistemas rurales y urbanos. Es por ello, que se propone un enfoque multidisciplinario para reconsiderar los escombros como materias primas esenciales para concretos reciclados. La investigación de los autores busca transformar los desechos y examinar posibilidades para su reintegración en proyectos de construcción. Además, fomentar prácticas socialmente responsables y respetuosas con el medio ambiente que contribuyan a disminuir el problema de la falta de buenas prácticas que contribuyen a la gestión de RCD.

(Delgado Larrea, Valle Benítez, & Delgado Menoscal, 2021) publicaron el artículo científico titulado "Plan de mejora del estudio de gestión integral de residuos sólidos de construcción Banco del Pacífico" aborda la problemática de la gestión inadecuada de desechos de construcción y demolición en Ecuador. Los autores hacen hincapié en la falta de conocimiento y educación ambiental, esto viene acompañado con la ausencia de normativas ambientales. La investigación se basa en los datos brindados por el Banco del Pacífico, donde se sugiere darle un enfoque renovado y actualizado para optimizar la gestión de residuos sólidos en el sector de la construcción. Los autores mantienen su postura en realizar capacitación internacionales y principios de minimización, reutilización y reciclaje, con el propósito de gestionar los residuos sólidos, reduciendo su impacto negativo en el medio ambiente, contribuyendo así en la sostenibilidad. La propuesta planteada busca realizar un plan estratégico para mejorar la gestión que favorezca al Banco del Pacífico y Guayaquil, reconociendo la falta de conocimiento en la gestión ambiental que tiene la ciudad y la necesidad de implementar en una de las ciudades con mayor relevancia económica de Ecuador.

(Herrera Quispe, 2022) en su publicación “Residuos de la construcción y demolición en el litoral marino de Lima Metropolitana (Perú): recomendaciones para su adecuada gestión”, plasma detalladamente la situación actual en el ámbito de la construcción en el Perú. Este sector principal para la economía y desarrollo del país, ha experimentado un potencial crecimiento desde 2020. Sin embargo, este crecimiento conlleva a un aumento en la generación de residuos de construcción y demolición (RCD), tanto por las remodelaciones, demoliciones y eliminación de estructuras de concreto. El autor menciona que, la gestión utilizada para residuos es inadecuada en litoral marino de Lima Metropolitana, lo que ocasiona un impacto negativo en el ambiente, sociales y económicos. Herrera Quispe argumenta que el problema principal en el manejo de RCD es su disposición final incorrecta. También menciona que este tipo de desechos se arrojan de manera no regulada en las riberas de ríos y playas dentro de la ciudad. A pesar de la existencia de leyes, las municipalidades reciben denuncias ambientales, lo que indica un incumplimiento notable en la gestión de residuos sólidos. El autor afirma que la expansión continua del sector de la construcción incrementa la generación de RCD, pero la respuesta a esta problemática es insuficiente. Solo el 50% de las empresas autorizadas por el Ministerio del Ambiente (MINAM) están preparadas para gestionar RCD. La escasez de escombreras, la presencia de vertederos informales en el país y la deficiente gestión contribuyen a una disposición final inadecuada. El autor concluye que la actividad de construcción en Lima Metropolitana afecta negativamente el entorno marino debido a la inadecuada gestión de los RCD y recomienda implementar escombreras con la infraestructura adecuada, reforzar la educación ambiental y fomentar la participación empresarial para mejorar la gestión de RCD y mitigar los impactos en el litoral marino.

(Tapia Jaime, 2023) emite un informe a la Ing. Riofrio Cisneros Mercedes (directoria de gestión ambiental del MVCS) con el asunto “Resultados de la Gestión de Residuos Sólidos 2021-2022 en el marco de las competencias del Ministerio de Vivienda, Construcción y



Saneamiento”. Este documento con base legal reflejada en el Decreto Legislativo N°1501, rige estrictamente que las municipalidades a nivel nacional deben consolidar acciones para la gestión de RCD y presentar un informe anual al MVCS, de acuerdo con este reporte la situación actual es preocupante, ya que solo la municipalidad metropolitana de Lima proporciona anual de acciones de supervisión (fiscalización) en RCD para el año 2021. Además, de las 43 municipalidades solo 16 reportaron la gestión y manejo de RCD, y solo 5 cuentan con un adecuado servicio. En abril del 2022 con la aprobación de la gestión y manejo de RCD (D.S. N° 002-2022-VIVIENDA) el panorama ha ido mejorando, sin embargo, no es suficiente para que la adecuada gestión de RCD se cumpla en todo el país. Este informe refleja un problema grave en la gestión de RCD, con una baja participación municipal, falta de infraestructuras esencial y una necesidad urgente de mejorar la fiscalización y la implementación efectiva de las normativas vigentes.

(Yachachi Elguera, Segovia Luna Victoria, Orosco Chiclla, & Iannacone, 2022) los autores en su artículo titulado “Impacto De Los Residuos De Construcción Y Demolición En La Zona De Reglamentación Especial De Los Pantanos De Villa De Lima, Perú” afirman que a nivel global, el aumento de residuos sólidos debido a la falta de eficiencia en las gestiones locales, impactan de manera negativa en la salud de los pobladores. Los autores mencionan el Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa de Lima en Chorrillos que ha sido afectado con el arrojo descontrolado de residuos de construcción y demolición en las calles o vías públicas, áreas no intervenidas o sin construir. Se realizó un trabajo previo en dicha zona Z.R.E (Zona de Reglamentación Especial) identificando cinco puntos críticos, se evaluó el impacto de los RCD, los resultados demostraron que El Triunfo es el punto más afectado, con daños significativos en el aire y el suelo. Los autores a través del artículo sugieren valorizar los RCD a través de una economía circular como una solución sostenible, aprovechar los residuos y

beneficiarnos de ellos. Sin embargo, la resolución efectiva de la problemática de arrojo se ve obstaculizada por la logística deficiente de las municipalidades encargadas.

(Murillo Alva, 2023) en su tesis titulada “Evaluación de los residuos sólidos generados por las construcciones en la urbanización Paseo del Mar, Nuevo Chimbote – 2019” se enfoca en la forma en que se gestionan ineficientemente los residuos de construcción y demolición, los instrumentos que utiliza son las encuestas dirigidas hacia los pobladores en la urbanización en Paseo del Mar, Nuevo Chimbote. Murillo, identifica que existen escombreras ilegales, por lo que evaluó el impacto que genera al ambiente. El autor concluye que el cincuenta y cinco por ciento de los propietarios realizan el servicio transporte de sus desmontes en triciclos que transitan por la zona, el setenta y ocho por ciento de los pobladores de la zona piensa que la gestión de residuos de construcción y demolición es responsabilidad únicamente de la entidad municipal, mientras que el doce por ciento admiten que los escombros generados los depositan en botaderos ilegales, también el cuarenta por ciento de los participantes creen que el transporte de los escombros a lugares no autorizados por las autoridades genera un impacto ambiental negativo, mientras que un veintiocho por ciento demuestran total desinterés en los daños que se afectan al medio ambiente. Murillo menciona que existe la necesidad de enfrentar la falta de educación y conciencia ambiental en los pobladores de la urbanización, el autor logró determinar los botaderos ilegales donde se acumulan grandes cantidades de desmontes debido a la construcción y demolición, también sugirió definir la zona de depósito de escombros a una distancia alejada de la ciudad a 13.3 km del punto más crítico evaluado en la investigación situado en el kilómetro 417 de la Panamericana Norte.

(Rojas Trigozo, 2020) en su tesis titulada “Gestión de residuos de construcción y demolición en la arquitectura sostenible, Nuevo Chimbote 2019 - Planta integral de tratamiento de Rcd, Nuevo Chimbote” se tiene un enfoque en el problema que enfrenta la ciudad de Nuevo Chimbote con respecto a la acopio de desechos de construcción y demolición, teniendo en



cuenta que Ancash ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en la generación de RCD por habitante, se realizó la investigación con el propósito de abordar este desafío, el propósito principal fue identificar la presencia de métodos eficiente para manejar los desechos generados por la construcción y demolición en el ámbito de la arquitectura moderna que contempla la arquitectura sostenible en el tramo de la carretera Panamericana Norte, por desgracia el autor no identifico directrices que origines estás buenas prácticas para la gestión de RCD en dicho tramo.. Esta ausencia genera un problema importante en términos de sostenibilidad y gestión ambiental en el ámbito de la construcción. El autor afirma que la adopción de estos lineamientos de buenas prácticas en gestión de RCD es positiva y beneficia directamente a la arquitectura sostenible, además también se destaca la recomendación del autor, sobre la necesidad de implementar un plan integral en gestión de RCD en la ciudad.

(Municipalidad Distrital de Nuevo Chimbote, 2023) emitió la resolución general municipal N°0639-2023-MDNCH-GM donde se redacta el cierre administrativo del área degrada por residuos sólidos en el sector pampa la carbonera. El cierre se realizó con la finalidad de que la entidad cumpla con los objetivos planteados en el proyecto de “Recuperación de Área Degradada por Residuos Sólidos en el Sector Pampa Carbonera del Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia de Santa, Departamento de Ancash”. La principal meta de la restauración de zonas afectadas por desechos sólidos es reducir y contrarrestar los efectos negativos en el medio ambiente y la salud derivados de la disposición desorganizada y no regulada de residuos sólidos, residuos de construcción y demolición. Al mismo tiempo, se busca revitalizar estéticamente el área degradada, integrándola armoniosamente con el entorno natural, garantizando su estabilidad y gestionando de manera efectiva la emisión de gases y líquidos perjudiciales.

1.1.2. Formulación Del Problema

En la ciudad de Nuevo Chimbote, el crecimiento acelerado en la actividad del sector de la construcción ha provocado una acumulación preocupante y alarmante de residuos de construcción y demolición (RCD). Un elemento fundamentos de estos RCD son los escombros de concreto, generadas constantemente por obras del sector público y privadas, como la construcción y demolición de edificaciones, veredas, sardineles, roturas de testigos de concreto, etc.

Lamentablemente, la gestión actual de estos voluminosos residuos es deficiente. Gran parte de ellos es depositada de forma incontrolada en botaderos, muchos de los cuales son informales. La falta de una gestión sobre los residuos impacta negativamente en la estética de la ciudad y el medio ambiente, además que también representa una fuente significativa de contaminación de suelos, afectando particularmente las áreas verdes y el entorno ambiental de la ciudad. Además, esta acumulación inadecuada genera un costo considerable para la municipalidad y la sociedad en general en términos de manejo, gestión y mitigación.

Ante la problemática ambiental y de gestión, surge la necesidad de gestionar estos residuos y como una oportunidad sustentable se plantea el reciclaje de los escombros de concreto.

A pesar de ser considerados desechos o pensar que no tiene otro uso, estos materiales poseen características altamente valiosas que les otorgan un potencial para ser utilizados en nuevas aplicaciones. Por lo tanto, la presente investigación se motiva en la necesidad de encontrar alternativas eficientes y sostenibles para la disposición de estos residuos.

Por otro lado, la subrasante es una capa fundamental en los pavimentos, crucial para la estabilidad estructural y comportamiento en su vida útil, La calidad de la misma influye directamente en el diseño, afectando los espesores y el costo del proyecto. La adición de

materiales en la subrasante puede alterar su calidad y propiedades de soporte. Es por ello, que la presente investigación se motiva a reutilizar los escombros de concreto integrándolos en la construcción de pavimentos flexibles como material de mejora en la subrasante en la ciudad de Nuevo Chimbote.

Con todo lo anterior mencionado, se plantea la siguiente interrogante que ha motivado la investigación: *¿Cómo influye la adición del agregado obtenido de escombros de concreto en el índice de CBR en subrasantes de pavimentos en la ciudad de Nuevo Chimbote?*

1.2 Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

- Evaluar la influencia del índice de CBR en subrasantes de pavimentos adicionando porcentajes de escombros de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote.

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar el índice de CBR del suelo de la subrasante en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote.
- Determinar el índice de CBR del suelo de la subrasante en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote adicionando porcentajes de 10%, 15% y 20% de escombros de concreto.
- Realizar el diseño de un pavimento flexible según AASHTO 1993 con la subrasante mejorada y sin mejorar para determinar su optimización.
- Realizar el análisis de costos de la subrasantes en pavimentos con porcentajes de escombros de concreto para determinar su viabilidad económica.

1.3 Formulación De La Hipótesis

La incorporación de agregado proveniente de escombros de concreto se espera que tenga un impacto positivo en el índice de CBR de las subrasantes, lo que conduce a la optimización del diseño del espesor de la estructura del pavimento.

1.4 Justificación E Importancia

La presente investigación se justifica en la urgente necesidad de establecer estrategias sostenibles para la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición en Nuevo Chimbote. Ante la falta de infraestructuras adecuadas para su disposición final, la ciudad enfrenta una crisis ambiental caracterizada por la proliferación de botaderos informales que degradan el paisaje urbano, contaminan los suelos y afectan las áreas verdes.

Este estudio es importante porque propone la revalorización de los escombros de concreto, transformándolos de un desecho problemático a un recurso técnico valioso. Al fomentar el reciclaje, se reduce la presión sobre los ecosistemas locales, se eliminan focos de contaminación y se promueve una cultura de economía circular que beneficia directamente a la salud y estética de la localidad. Con esta investigación se beneficia directamente la población de Nuevo Chimbote, incrementando su cultura de reciclaje, evitando la contaminación y embelleciendo las zonas que son utilizadas informalmente como botaderos, además reducen la posibilidad de deterioro del pavimento aumentando el tiempo de su vida útil.

Figura 1.

Escombros de concreto en la Av. 03 de la Urb. Los Jardines - Nuevo Chimbote.



Nota. La figura muestra presencia de un volumen considerable de material inerte derivado de demoliciones de obras en infraestructura vial, evidenciando la disposición inapropiada de estos residuos y un desafío en el manejo de los residuos de construcción y demolición (RCD).



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

(Perea Huamán, 2021) en su Artículo de Revisión Científica titulado “USO DEL CONCRETO Y VIDRIO RECICLADO EN LA CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ARCILLOSOS: UNA REVISIÓN LITERARIA” se enfoca en la investigación sistemática sobre la inclusión de concreto y vidrio reciclado para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos. El instrumento o metodología que utiliza es la revisión de 50 publicaciones depositadas en bases de datos indexadas como Scopus y EBSCO entre los años 2016 al 2021. Perea Huamán concluye que la incorporación de residuos sólidos como el concreto reciclado y el vidrio reciclado ofrece una mejora en las propiedades mecánicas de la arcilla. El autor determinó que el 15% de concreto reciclado genera resultados positivos en esta mejora. El estudio también señala que el uso de estos residuos sólidos colabora en la reducción de la contaminación del medio ambiente.

(Al-Mosawe, Albayati, Wang, & S. Mashaan, 2022) en su artículo titulado “AN EXPERIMENTAL STUDY OF GRANULAR MATERIAL USING RECYCLED CONCRETE WASTE FOR PAVEMENT ROADBED CONSTRUCTION” utilizó áridos de hormigón reciclados para compensar el problema de escasez de áridos y reducir la contaminación ambiental. Los autores utilizaron este material para la subbase de pavimentos con cinco diferentes porcentajes y determinaron sus propiedades como el óptimo contenido de humedad, la relación de carga californiana y el módulo de resiliencia. Los autores calcularon dos respuestas críticas la deformación por tracción en la parte inferior de la carpeta asfáltica y la deformación por compresión vertical con la parte superior de la subrasante, estos resultados fueron comparados en con las estructuras de pavimentos con diferentes tipos y porcentajes de agregado concreto reciclado utilizado en la subbase, obteniendo una mejora en sus propiedades, se halló el óptimo al reemplazar el 75% por RCA grueso, 50% RCA fino o un 100% de RCA extra fino.



(Oviedo Pineda & Cárdenas Ramírez, 2021) en su tesis titulada “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA SUBRASANTE MEJORADA CON RAJÓN DE CONCRETO RECICLADO, MEDIANTE UNA MODELACIÓN A ESCALA FÍSICA Y NUMÉRICA, CASO DE ESTUDIO VÍAS SAMARKANDA, FUNZA CUNDINAMARCA” simulan el comportamiento de la capa de subrasante mejorada con concreto reciclado con 0%, 60%, 70% y 80% de rajón de concreto reciclado escalado a través del programa SIGMA, además evalúan la relación beneficio- costo, siendo el escenario más beneficio cuando se adiciona el 70% de RCR, la subrasante fue sometida a ensayos en laboratorio para obtener sus parámetros, obteniendo una mejora en el índice de CBR con un valor de 8%.

(Escalante Jihuallanca & Tito Sanchez, 2021) en su tesis titulada “RECICLADO DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR EN SUBRASANTES DE SUELOS ARCILLOSOS EN CARRETERAS” utilizan concreto reciclado para estabilizar un suelo arcilloso de baja estabilidad, los autores hallaron el porcentaje optimo y realizaron los ensayos de laboratorio, obteniendo optimización en los espesores de 10cm de carpeta asfáltica, 15cm de base granular y 15 cm de subbase granular, de la estructura del pavimento flexible para una etapa de 20 años, bajo el diseño de la metodología AASHTO 1993. Además, se realizó un análisis económico, donde compararon el expediente técnico del proyecto y la propuesta la investigación, donde concluyeron que la aplicación de su investigación reduce un costo de S/ 15'021,833.51 a S/ 13'650,084.78 soles, obteniendo un ahorro de S/1'371,748.73 soles que representa el 9.14% del costo inicial. Los parámetros que utilizaron para el diseño fueron extraídos de diversas investigaciones referentes al tema.

(Quispe Serrano, 2021) en su tesis titulada “INFLUENCIA EN EL VALOR DEL CBR DE LA BASE PARA PAVIMENTO FLEXIBLE DE TRÁNSITO LIVIANO CON ADICIÓN DE AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO AL MATERIAL GRANULAR DE LAS CANTERAS CONDEBAMBA Y QUITASOL DE LA CIUDAD DE ABANCAY –

APURÍMAC, 2019” el autor trituró los escombros de concreto obtenidos de la demolición del pavimento de la Av. Venezuela, con la finalidad de mezclar este material a las canteras de Condebamba y Quitasol en proporciones (%Cantera : %ACR) de 70% -30%, 60% -40%, 50%-50% y 70% - 30% para Condebamba y 90% - 10%, 80%-20%, 70%-30% y 50%-50% para Quitasol. Los resultados obtenidos han sido favorables en la capa de base, encontrando un aumento en el valor del índice de CBR, disminución del valor del índice de plasticidad e incremento en el valor equivalente de arena, con las proporciones optimas encontradas, las combinaciones más óptimas fueron las siguientes, para la Cantera de Condebamba 50% - ACR 50% el autor obtuvo un valor de CBR de 184.8% y para la Cantera Quitasol 70% - ACR 30% el autor obtuvo un valor de CBR de 159.10%, por lo que, el autor concluye que la adición de ACR influye de manera positiva en el índice de CBR de ambas canteras.

(Cornejo Morales & Hurtado Soto, 2022) en su tesis titulada “ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CONCRETO RECICLADO Y AGREGADO NATURAL, MEDIANTE MÉTODOS GRANULOMÉTRICOS, CARRETERA MARAS - MORAY, CUSCO 2021” determinó la estabilización de la subrasante con material natural y concreto reciclado, el autor utilizó métodos granulométricos en el lugar de aplicación, obteniendo resultados beneficios en los ensayos realizados, que se reflejan en el aumento del valor de CBR de 60.76%. que con respecto al CBR del suelo natural se obtuvo un incremento de 359.95% respecto a todos los tratamientos propuestos en la investigación desde T-0 a T-11. Con esta mejora se logró clasificar a la subrasante como excelentes, según el manual de carreteras del MTC.

(Moore Sarmiento & Reyes Aponte, 2024) en su tesis titulada "MEJORA DE SUELOS ARENOSOS MEDIANTE EL USO DE DESECHOS DE CONCRETO RECICLADO EN EL PP.JJ. SAN PEDRO, CHIMBOTE, 2024", tuvieron como objetivo general determinar la mejora de dichos suelos mediante la aplicación de concreto reciclado con un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental. La muestra se obtuvo a través de cuatro calicatas,

y se evaluó el suelo natural y su comportamiento al incorporarle residuos de concreto reciclado en proporciones de 5%, 7.5% y 10%. Los resultados principales indicaron una mejora en su Máxima Densidad Seca (MDS) aumentó de 1.775 gr/cm³ en el suelo natural a 2.022 gr/cm³ con la adición del 10%. Inversamente, el óptimo contenido de humedad disminuyó de 10.0% a 8.8%. La capacidad portante, medida por el CBR al 100% de la MDS, se incrementó de 16.4% (suelo natural) a 41.7% (con 10% de adición). De igual manera, la presión aplicada aumentó de 164 lb/pulg² a 417 lb/pulg².

(Casamayor Espinoza & Castillo Cango, 2022) en su tesis titulada “ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PARA MEJORAR EL ÍNDICE CBR EN EL PAVIMENTO EN H.U.P UNIÓN DEL SUR, NUEVO CHIMBOTE, 2022” utilizó el cemento portland en la capa de base y subbase de un pavimento flexible con la finalidad de mejorar sus propiedades estructurales, las combinaciones fueron con porcentajes de 2%, 4% y 6%, la respuesta de esta adición se vio reflejado en los resultados de los ensayos de CBR incrementando su valor, los autores concluyen con una adición de 3% en la capa de base, optimiza hasta en un 50% en el espesor de la estructura del pavimento flexible.

(Perez Goycochea V. G., 2023) realizaron una tesis titulada “REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE UN MODELO DE ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESCOMBRERA INTEGRADA CON UNA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RCD EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”, con el objetivo de proponer un modelo integral para la gestión, valorización y disposición final de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en la ciudad mencionada. La investigación propone un modelo de escombrera integrada con planta de valorización de RCD, aplicando economía circular mediante estudios de mercado, técnicos, económicos y financieros. El hallazgo central de la investigación concluyó que el modelo de estudio propuesto es viable a nivel financiero. Además, se determinó que la infraestructura planteada tiene la capacidad de gestionar y



valorizar hasta el 40% de los RCD generados en Chimbote, asegurando su disposición final adecuada y minimizando así el impacto negativo en el medio ambiente local.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1. *California Bering Ratio (CBR)*

Parece mentira que un ensayo tan sencillo en apariencia, que básicamente consiste en apretar un pistón contra el suelo, sea decisivo para el futuro de obras que valen millones. Para un ingeniero, el CBR es como el pulso para un médico: un dato básico que te dice casi todo sobre la "salud" de lo que tienes debajo.

Como lo describe el autor:

El Coeficiente de Soporte de California (CBR) es una prueba empírica vital en la ingeniería geotécnica y de pavimentos. Este ensayo es fundamental para determinar la capacidad de soporte de suelos y materiales granulares, lo que lo convierte en un indicador crucial para el diseño de pavimentos. Su función principal es proporcionar una medida estandarizada de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad (Huamani et al., 2023).

a. Definición. El CBR se encarga de hacer una evaluación entre una muestra de suelo y la capacidad de carga que esta pueda soportar. En términos sencillos, el CBR es un porcentaje.

Como la norma lo menciona:

Compara cuánta fuerza necesitas para hundir un pistón en tu suelo, frente a la fuerza que necesitarías para hacer lo mismo en un material de referencia que sabemos que es muy bueno (roca triturada). Básicamente, nos dice qué tan bueno o malo es nuestro suelo en comparación con un estándar de alta calidad (ASTM International, 2023).

La expresión matemática que usamos para calcularlo es:

$$CBR = \frac{\text{Carga del suelo}}{\text{Carga patrón}} \times 100\%$$

La fórmula como lo menciona el autor:

Esa fórmula tan simple pone cara a cara dos opuestos: la debilidad natural del terreno contra la resistencia que le exigimos a la carretera. Usualmente, medimos las cargas a dos profundidades de penetración: 0.1 pulgadas (2.54 mm) y 0.2 pulgadas (5.08 mm). Al final, el valor que se reporta como CBR definitivo es el más alto de los dos que se calculen (Huamani et al., 2023).

Figura 2.

Ensayo de espécimen en Prensa CBR



b. Metodología De Ensayo. El ensayo CBR puede realizarse tanto en laboratorio como in situ (en el campo), aunque el de laboratorio es el más frecuente para propósitos de diseño. El ensayo CBR se puede hacer en el campo en el instante que se necesita, pero también se puede trabajar en laboratorio, pero en laboratorio es el lugar más común para hacer diseño.

a) Ensayo CBR de Laboratorio:

1. Preparación de la muestra: Lo primero es preparar la muestra, se inicia el trabajo viendo el lugar y hacer una extracción de la muestra para luego poder trabajar con ella. El proceso es como se describe en la norma:

Se toma una parte representativa del suelo y se compacta dentro de un molde de metal cilíndrico (de 6 pulgadas de diámetro por 7 de alto). La idea es dejarlo con la misma densidad y humedad que se espera tener en la obra, usando métodos de compactación conocidos como el Proctor (ASTM International, 2023).

2. Saturación (opcional pero común): Aquí viene un paso clave. Para ponernos en el peor escenario posible (como después de lluvias intensas), metemos la muestra en agua por cuatro días. "Este paso es crucial para evaluar la resistencia del suelo bajo las condiciones más desfavorables de humedad, permitiendo que el suelo se sature y, en algunos casos, se hinche" (Miranda et al., 2022, p. 125). Durante esos días, se vigila si el suelo se expande.

3. Aplicación de sobrecarga: Luego, se le ponen encima unos pesos en forma de anillo. Estos imitan el peso que tendrá el pavimento y el tráfico encima del suelo en el futuro (ASTM International, 2023).



4. Ensayo de penetración: Usamos una máquina para meter un pistón de 3 pulgadas cuadradas (19.35 cm^2) en el suelo a una velocidad lenta y constante (1.27 mm por minuto) (Miranda et al., 2022).
5. Registro de datos: Mientras el pistón baja, vamos anotando la fuerza que se necesita para cada nivel de penetración, en pequeños incrementos (ASTM International, 2023).
6. Cálculo del CBR: Con todos los datos, se dibuja una gráfica de carga contra penetración. A veces la curva empieza rara y hay que corregirla. De esa gráfica sacamos las cargas para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas y las comparamos con las cargas estándar de la roca triturada (1000 psi y 1500 psi). Se calculan los dos CBR y el más alto es el que vale (Huamani et al., 2023).

b) Ensayo CBR In Situ (de Campo):

Aunque se usa menos para diseñar desde cero, este ensayo se hace directamente en la obra.

Como lo afirma el autor:

El método es parecido, pero se trabaja con el suelo tal y como está en el campo. Se necesita algo muy pesado, como un camión, para que la máquina tenga de dónde apoyarse para empujar el pistón (Huamani et al., 2023).

c. **Factores que afectan el CBR.** Hay que tener algo muy claro: el valor CBR no es un número fijo. Cambia, y mucho, dependiendo de varias cosas. Es sensible, casi como una persona al clima: si cambian las condiciones, cambia su comportamiento. Y aquí vemos una gran contradicción: un suelo puede ser duro como una roca cuando está seco, pero se vuelve blando y poco fiable con el agua.

- Tipo de Suelo: Los suelos granulares (arenas, gravas) tienden a presentar valores de CBR más altos que los suelos finos (arcillas, limos). "Las arcillas expansivas, en particular, pueden exhibir valores de CBR extremadamente bajos, especialmente en condiciones de saturación" (Huamani et al., 2023, p. 78).
- Densidad de Compactación: Un aumento en la densidad de compactación del suelo generalmente resulta en un incremento del CBR. Esto se debe a una mayor interconexión entre las partículas y una reducción de los vacíos en la estructura del suelo (Miranda et al., 2022).
- Contenido de Humedad: Este es uno de los factores más críticos. Un aumento en el contenido de humedad por encima del óptimo de compactación conduce a una disminución significativa del CBR, especialmente en suelos cohesivos. Esto se debe a la pérdida de cohesión y a la reducción de la resistencia al corte. La saturación puede reducir drásticamente el CBR (ASTM International, 2023).
- Condiciones de Curado/Saturación: La saturación de la muestra durante el ensayo (especialmente para suelos cohesivos) es crucial, ya que simula las condiciones más críticas que el pavimento podría experimentar durante su vida útil. Un suelo no saturado mostrará un CBR más alto que el mismo suelo saturado (Miranda et al., 2022).
- Granulometría y Plasticidad: Una buena gradación (distribución de tamaños de partícula) en los materiales granulares generalmente mejora el CBR. Los suelos con alta plasticidad

(índice de plasticidad alto) tienden a tener valores de CBR más bajos, ya que son más susceptibles a los cambios de volumen y resistencia con la humedad (Huamani et al., 2023).

- **Tipo de Esfuerzo (Sobrecarga):** La magnitud de la sobrecarga aplicada durante el ensayo puede influir en el CBR, especialmente en suelos finos, afectando la respuesta de deformación del material (Miranda et al., 2022).
- **Presencia de Material Orgánico:** La materia orgánica en el suelo puede reducir el CBR debido a su baja resistencia y su capacidad para retener agua, lo que afecta negativamente las propiedades ingenieriles del suelo (Huamani et al., 2023).

d. Importancia. El CBR es un parámetro esencial en el diseño de pavimentos flexibles (asfaltados) por las siguientes razones fundamentales:

- **Clasificación de la Subrasante:** El valor del CBR permite clasificar la capacidad de soporte de la subrasante (el suelo sobre el cual se construye el pavimento). Las subrasantes se categorizan comúnmente en excelentes, buenas, regulares, pobres o muy pobres, basándose en su valor de CBR (Miranda et al., 2022).
- **Determinación del Espesor de las Capas de Pavimento:** El CBR es la entrada principal en la mayoría de los métodos empíricos y semi-empíricos de diseño de pavimentos, como el método AASHTO. "Un CBR más bajo indica una subrasante más débil, lo que requiere un mayor espesor de las capas granulares de base y subbase y/o de la carpeta asfáltica para distribuir adecuadamente las cargas del tráfico y proteger la subrasante subyacente" (Huamani et al., 2023, p. 80). Por el contrario, un CBR alto significa que la subrasante tiene una buena capacidad de soporte, permitiendo un diseño de pavimento más delgado y, por ende, más económico.

- Evaluación de Materiales de Base y Subbase: Si bien se usa principalmente para la subrasante, el ensayo CBR también puede emplearse para evaluar la calidad y la capacidad de soporte de los materiales granulares utilizados en las capas de base y subbase, asegurando su idoneidad para el proyecto (ASTM International, 2023).
- Control de Calidad en Obra: El ensayo CBR in situ es una herramienta valiosa para verificar la compactación y la capacidad de soporte de la subrasante y las capas granulares durante la construcción. Esto asegura que se cumplan las especificaciones del diseño y que el pavimento tendrá el rendimiento esperado (Miranda et al., 2022).
- Análisis de Estabilidad y Deformación: Un CBR bajo indica que el suelo es más susceptible a la deformación bajo carga, lo que puede llevar a fallas prematuras del pavimento como ahuellamientos y fisuras. Un CBR alto implica una mayor resistencia a la deformación y una mejor estabilidad del pavimento (Huamani et al., 2023).
- Consideraciones de Drenaje: El CBR está intrínsecamente ligado al comportamiento del suelo frente al agua. Una subrasante con un CBR bajo, especialmente en condiciones saturadas, subraya la necesidad de un buen sistema de drenaje para controlar la humedad y preservar la capacidad de soporte del suelo, evitando así la degradación del pavimento (Miranda et al., 2022).

2.2.2. Pavimentos

Un pavimento es una estructura de ingeniería diseñada y construida sobre la superficie terrestre para soportar y distribuir las cargas del tráfico, proporcionando una superficie de rodadura segura, cómoda y duradera. Su objetivo principal es "resistir las cargas impuestas por el tránsito y distribuirlas a la subrasante en un nivel de esfuerzos tolerable" (García-López, 2021, p. 15). La selección del tipo de pavimento y el diseño de su estructura dependen de

factores como el tipo y volumen de tráfico, las propiedades de los materiales disponibles y las condiciones climáticas de la zona.

a. Clasificación de Pavimentos. Los pavimentos se clasifican principalmente en dos categorías: flexibles y rígidos. La elección entre uno y otro tipo depende de un análisis técnico y económico que considere el tráfico esperado, los costos iniciales y de mantenimiento, y la vida útil proyectada.

Pavimentos Flexibles. Este tipo de pavimento está compuesto por una serie de capas de materiales no ligados y una capa de rodadura asfáltica. Su nombre se debe a su capacidad para deformarse elásticamente bajo las cargas del tráfico. La carga se transmite de capa a capa a través del contacto grano a grano del agregado. Su principal ventaja es un menor costo inicial de construcción y reparaciones más sencillas en áreas localizadas. Sin embargo, su vida útil puede ser menor en comparación con los pavimentos rígidos y requiere un mantenimiento más frecuente (Mamlouk & Zaniewski, 2022).

Pavimentos Rígidos. Se compone de losas de concreto de cemento Portland, que pueden estar armadas o no, sobre una subbase o directamente sobre la subrasante. La alta rigidez de la losa de concreto le permite distribuir las cargas sobre un área muy amplia de la subrasante.

Una de las principales ventajas del pavimento rígido es su durabilidad y su capacidad para soportar cargas pesadas con un menor espesor estructural en comparación con el pavimento flexible. Además, los costos de mantenimiento a lo largo de su vida útil suelen ser menores. No obstante, su costo inicial de construcción es significativamente más alto y las reparaciones, cuando son necesarias, son más complejas y costosas. (Vallejo-Bastidas & Celi-Ortega, 2023, p. 45)

Debido a estas características, los pavimentos rígidos son comúnmente utilizados en vías de alto tráfico como autopistas y en zonas de cargas estacionarias pesadas como aeropuertos y puertos.

b. Capas del Pavimento Flexible. La composición de un pavimento flexible se elabora para dispersar las cargas focalizadas de las ruedas de los automóviles mediante varias capas, reduciendo la presión a un grado que la sub rasante pueda aguantar sin sufrir deformaciones permanentes. Seguidamente, se detallan las funciones de cada una de las capas.

Sub Rasante. La sub rasante es la capa de suelo natural o de relleno compactado que sirve como cimiento para el pavimento. No es una capa construida, sino el terreno de fundación sobre el cual se apoya toda la estructura. Su función es crucial, ya que "la capacidad portante de la sub rasante es el factor más determinante en el diseño del espesor total del pavimento" (Huang & Tutumluer, 2023, p. 112). Una subrasante débil o mal compactada puede provocar fallas prematuras en toda la estructura del pavimento, como hundimientos y agrietamientos. Por ello, es fundamental evaluar sus propiedades mecánicas, como la resistencia al corte y la susceptibilidad a cambios de humedad, y mejorarla o estabilizarla si es necesario.

Sub Base. Algunos autores afirman que: La sub base es la primera capa construida del pavimento, situada directamente sobre la sub rasante. Generalmente está compuesta por materiales granulares de menor calidad que los de la capa base, como agregados pétreos o suelos estabilizados. Sus funciones principales son económicas y estructurales. Estructuralmente, ayuda a distribuir las cargas recibidas de la base hacia la sub rasante. Económicamente, permite reducir el espesor de la capa base, que es más costosa. Además, cumple una función de drenaje, evitando que el agua ascienda por capilaridad desde la sub rasante y debilite las capas superiores (Mamlouk & Zaniewski, 2022).

Base. La capa base es el componente estructural principal en un pavimento flexible. Se construye sobre la sub base y está compuesta por agregados de alta calidad, bien graduados y procesados, que pueden estar tratados con estabilizadores como cemento o asfalto para mejorar su resistencia.

Según Vallejo-Bastidas y Celi-Ortega (2023), "la función primordial de la base es soportar la mayor parte de la carga transmitida por la capa de rodadura y distribuirla uniformemente a la subbase" (p. 38).

La calidad y el espesor de esta capa son vitales para prevenir deformaciones como roderas y fallas por fatiga en la superficie del pavimento.

Capa de Rodadura. La capa de rodadura es la capa superior del pavimento, en contacto directo con los neumáticos de los vehículos. Generalmente está compuesta por una mezcla de agregados pétreos y un ligante asfáltico. Sus funciones son múltiples:

Proporciona una superficie de rodadura suave, segura y cómoda para los usuarios. Debe ser impermeable para proteger las capas inferiores de la infiltración de agua. Además, debe tener una alta resistencia al deslizamiento y ser capaz de soportar las tensiones de tracción y compresión generadas por las cargas del tráfico y las variaciones de temperatura sin agrietarse ni deformarse. (García-López, 2021, p. 22)

Esta capa es la primera en mostrar signos de deterioro, por lo que su diseño y construcción son fundamentales para la funcionalidad y durabilidad de toda la estructura del pavimento.

2.2.3. *Sub Rasante*

La subrasante actúa como la base esencial sobre la que se edifica la totalidad de la estructura del pavimento. La calidad y el rendimiento de esta capa son determinantes para asegurar la longevidad y el correcto funcionamiento de la carretera.

- a. **Definición.** La subrasante se define como la capa de terreno de fundación, natural o preparada, que soporta las cargas transmitidas por la estructura del pavimento.

Es, en esencia, "el cimiento sobre el cual descansa el pavimento, y su comportamiento influye directamente en el rendimiento a largo plazo de la carretera" (Mamlouk & Zaniewski, 2022, p. 89).

No se trata de una capa formada por el pavimento mismo, sino del suelo natural que ha sido comprimido y nivelado hasta la elevación indicada en los planos del proyecto para soportar las capas superiores (subbase, base y capa de rodadura). Por lo tanto, su análisis y clasificación son el fundamento esencial en cualquier proyecto de infraestructura vial. soporte estructural a todo el sistema de pavimentación, absorbiendo las cargas del tráfico que han sido repartidas y reducidas por las capas superiores. La habilidad de la subrasante para resistir estas cargas sin sufrir deformaciones significativas establece el grosor total necesario para el pavimento.

Una subrasante con baja capacidad de soporte requerirá capas de pavimento más gruesas para distribuir las cargas sobre un área más amplia y reducir la presión a un nivel tolerable.

Por el contrario, una subrasante de alta calidad puede permitir una estructura de pavimento más delgada, lo que resulta en un ahorro significativo de costos en materiales y construcción. (Huang & Tutumluer, 2023, p. 115)

Por consiguiente, el papel de la subrasante es fundamental; cualquier defecto en esta capa, ya sea un asentamiento desigual o una deformación plástica, se manifestará sin duda en la superficie, poniendo en riesgo la seguridad y la estabilidad de toda la infraestructura vial.



b. Propiedades Físicas Y Mecánicas. Para anticipar cómo se comportará la subrasante, es fundamental analizar sus características físicas y mecánicas a través de pruebas en un laboratorio. Dichas características están conectadas entre sí y en conjunto determinan su potencial de soporte.

Según Arévalo-Sánchez (2022), las más relevantes son:

- **Granulometría:** Se refiere a la disposición según dimensiones de las partículas que forman el suelo. Un suelo correctamente graduado, que posea una mezcla equilibrada de partículas gruesas (gravas y arenas) y finas (limos y arcillas), tiende a mostrar una mayor densidad y estabilidad, lo que se manifiesta en una superior capacidad para soportar cargas.
- **Límites de Atterberg:** Estos ensayos (Límite Líquido y Límite Plástico) determinan el rango de humedad en el que un suelo de grano fino se comporta de manera plástica.

El Índice de Plasticidad (IP) "es un indicador crucial de la sensibilidad del suelo a los cambios de humedad; suelos con un IP alto son generalmente expansivos y problemáticos como subrasante" (Rojas-Fuentes, 2021, p. 57).

- **Humedad y Densidad:** El nivel de humedad y la densidad del suelo están fundamentalmente conectados. La prueba de Proctor se emplea para establecer la humedad ideal en la que un suelo logra su mayor densidad seca bajo una presión de compactación determinada. Es esencial operar con estas medidas óptimas durante la edificación para garantizar la resistencia y la estabilidad esperadas de la subrasante. Estas características forman la base para evaluar la resistencia de la subrasante, generalmente cuantificada mediante la prueba de CBR (California Bearing Ratio), cuyo resultado es un elemento crucial en la mayoría de las técnicas de diseño de espesores de pavimentos.

2.2.4. *Escombros de Concreto Como Material Mejorador*

La aplicación de materiales recuperados en la ingeniería civil ha obtenido un notable crecimiento, no únicamente por razones económicas, sino también por la creciente sensibilidad hacia el medio ambiente. Dentro de este marco, se investigará la utilización de los restos de concreto, un desecho común, como un estabilizador para optimizar las características de terrenos de subrasante con baja capacidad de carga. Esta acción se conecta con los fundamentos de la economía circular, convirtiendo residuos en un recurso valioso para edificar infraestructura vial.

Figura 3.

Escombros de concreto de diferentes tamaños.



Nota. El material granular, clasificado como escombros de concreto, proviene de residuos de construcción y demolición (RCD) recolectados del sitio de obras viales.



a. Definición. El uso de escombros de concreto como material mejorador se refiere a la técnica de incorporar Agregado de Concreto Reciclado (ACR) en un suelo de subrasante con el fin de optimizar sus propiedades físicas y mecánicas.

Esta mezcla busca crear una nueva matriz de material estabilizado que presente "una mayor capacidad de soporte, menor plasticidad y una reducida susceptibilidad a los cambios de humedad en comparación con el suelo original" (Gómez-Soberón et al., 2022, p. 7).

La efectividad de esta técnica depende de la dosificación adecuada del ACR y de un proceso constructivo que asegure la homogeneidad y compactación de la mezcla.

b. Origen y Composición. La fuente primordial de los restos de hormigón son los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Estos se producen debido a la demolición de edificaciones de concreto, como edificios, puentes y pavimentos, así como por los sobrantes o componentes defectuosos en el curso de la construcción. Su composición básica es una mezcla heterogénea que consiste en:

- **Agregados pétreos originales** (grava y arena).
- **Mortero de cemento endurecido** adherido a los agregados.
- Pequeñas cantidades de contaminantes como ladrillos, asfalto, madera o plásticos, que deben ser controlados.

El manejo adecuado de estos residuos es fundamental. Implica una fase de recolección selectiva, seguida de un proceso de trituración y cribado para obtener una granulometría controlada y eliminar impurezas.

Según un estudio de Vieira y de Brito (2021), "la viabilidad del reciclaje de escombros de concreto depende críticamente de la implementación de una logística inversa eficiente y de

plantas de procesamiento que garanticen la calidad y consistencia del agregado reciclado" (p. 154).

c. Propiedades De Los Escombros De Concreto. Las características del Agregado de Concreto Reciclado (ACR) son diferentes a las de los agregados naturales y afectan su rendimiento al ser combinado con el suelo. Las más significativas son:

- Densidad y Absorción: El ACR típicamente presenta una densidad inferior y una capacidad de absorción de agua superior en comparación con los agregados nuevos. Esto ocurre debido a la porosidad del mortero que está unido. Esta elevada absorción puede resultar ventajosa cuando se combina con tierras con un alto contenido de humedad, ya que contribuye a disminuir la humedad original de la mezcla.
- Resistencia y Angularidad: La acción de moler genera fragmentos con contornos irregulares y superficies ásperas. Esta propiedad favorece la cohesión mecánica entre las partículas del terreno y el material agregado, lo que eleva la resistencia al deslizamiento de la mezcla estabilizada.
- Granulometría: La distribución del tamaño de las partículas del ACR es clave para el mejoramiento. Una granulometría bien graduada del agregado de concreto reciclado permite que las partículas más finas llenen los vacíos entre las más gruesas, creando una estructura más densa y estable. Esto no solo mejora la capacidad de carga (CBR) de la subrasante, sino que también optimiza el proceso de compactación en campo, reduciendo el esfuerzo necesario para alcanzar la densidad requerida. (García-Rojas & Mendoza-Rangel, 2023, p. 98)

La gestión de estas características a través de pruebas de laboratorio es un proceso esencial para crear una combinación de suelo-ACR que satisfaga las normas técnicas necesarias para una subrasante optimizada.

2.2.5. *Mejoramiento de Subrasantes*

El mejoramiento de subrasantes es una práctica crucial en la ingeniería de pavimentos, especialmente cuando el suelo natural no posee la capacidad de soporte necesaria para las cargas del tráfico. "Las subrasantes débiles son una causa común de fallas prematuras en los pavimentos, lo que subraya la importancia de implementar técnicas de mejora para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura vial" (Huamaní et al., 2023, p. 79). Este acápite se centrará en las técnicas más relevantes para mejorar las propiedades del suelo de subrasante, con un enfoque particular en el uso de materiales granulares y el impacto de la adición de escombros de concreto en el índice de CBR.

a. Técnicas De Mejoramiento De Suelos. Existen diversas técnicas para mejorar las propiedades de los suelos de subrasante, las cuales se eligen en función del tipo de suelo, las condiciones del sitio, el presupuesto y los objetivos de diseño.

Compactación

La compactación es la técnica de mejoramiento de suelos más fundamental y extendida. Consiste en densificar el suelo mediante la aplicación de energía mecánica, lo que reduce el volumen de vacíos y expulsa el aire atrapado (sin cambios significativos en el contenido de humedad).

- ✓ **Objetivo:** Incrementar la densidad seca del suelo, lo que a su vez mejora su resistencia al corte, reduce la compresibilidad, disminuye la permeabilidad y, crucialmente, "aumenta significativamente su capacidad de soporte, medida por el CBR" (Miranda et al., 2022, p. 124).
- ✓ **Proceso:** Se realiza en capas sucesivas utilizando equipos de compactación como rodillos vibratorios, pata de cabra o neumáticos, buscando alcanzar la densidad máxima seca a la humedad óptima determinada en laboratorio (ensayo Proctor).



- ✓ Impacto: Es la primera y más económica forma de mejorar una subrasante. Un suelo bien compactado proporciona una base más estable y uniforme para las capas superiores del pavimento.

Estabilización Química

La estabilización química implica la adición de aditivos químicos al suelo para modificar sus propiedades de forma permanente o semipermanente. Los estabilizadores reaccionan con las partículas del suelo, alterando su estructura, plasticidad, resistencia y durabilidad.

- ✓ Materiales comunes: Los más utilizados son el cemento Portland, la cal (óxido o hidróxido de calcio) y las cenizas volantes.
- ✓ Mecanismos:
 - Cal: Se usa principalmente para suelos cohesivos (arcillosos). La cal reduce la plasticidad (disminuye el Índice de Plasticidad), mejora la trabajabilidad, reduce el hinchamiento y, con el tiempo, aumenta la resistencia a través de reacciones puzolánicas.
 - Cemento: Es efectivo en una amplia gama de suelos, desde granulares hasta cohesivos. Crea una matriz cementante que une las partículas del suelo, formando un material con mayor resistencia a la compresión y al corte, y menor permeabilidad. "La adición de cemento puede elevar sustancialmente el valor CBR de suelos pobres" (Rodríguez & Fuentes, 2023, p. 205).
 - Cenizas Volantes: Subproducto de la combustión del carbón, pueden actuar como material puzolánico en presencia de cal o cemento, mejorando las propiedades de resistencia y durabilidad del suelo.

- ✓ Aplicación: Se mezclan los aditivos con el suelo in situ o en una planta, se humedecen y se compactan.

Estabilización con Materiales Granulares

Esta técnica implica la mezcla de suelos cohesivos o finos con materiales granulares (arenas, gravas, o en el caso que nos ocupa, escombros de concreto triturados) para mejorar su granulometría, reducir su plasticidad y aumentar su capacidad de soporte.

- ✓ Objetivo: Transformar un suelo de baja calidad en uno con mejores propiedades ingenieriles, similar a un material de base o subbase.
- ✓ Proceso: Se incorpora el material granular en proporciones adecuadas, se mezcla homogéneamente con el suelo existente, se humedece y se compacta.
- ✓ Impacto: Mejora la fricción interna del suelo, reduce la cohesión excesiva y la sensibilidad al agua, y facilita la compactación. "La adición de materiales granulares bien graduados puede transformar un suelo arcilloso blando en un material apto para subrasante mejorada o incluso subbase" (González & Marín, 2022, p. 115).

b. Efectos De Agregados En El CBR. La incorporación de materiales granulares, como los escombros de concreto triturados (ACR), en el suelo de subrasante es una técnica efectiva para modificar positivamente sus propiedades y, en particular, para incrementar significativamente su índice de CBR. Esta mejora se debe a varios mecanismos:

- ✓ Modificación de la Granulometría: La adición de ACR, que son materiales granulares con una distribución de partículas controlada, mejora la gradación del suelo natural. "Al introducir un rango más amplio de tamaños de partículas, se logra un empaquetamiento más denso y una reducción de los vacíos, lo que directamente se traduce en una mayor densidad y resistencia" (Pérez & Solís, 2024, p. 100). Un suelo mejor graduado es menos propenso a la segregación y más fácil de compactar.

- ✓ Reducción de la Plasticidad: Muchos suelos de subrasante problemáticos son arcillas o limos con alta plasticidad, lo que los hace sensibles a los cambios de humedad y con baja resistencia. Los ACR son materiales no plásticos. Al mezclarlos con suelos cohesivos, se diluye la proporción de finos plásticos, lo que resulta en una reducción del Límite Líquido y del Índice de Plasticidad de la mezcla final. Esta disminución de la plasticidad se correlaciona directamente con una menor sensibilidad al agua y una mayor capacidad de soporte (Rodríguez & Fuentes, 2023).
- ✓ Aumento de la Fricción Interna: Los ACR, siendo partículas angulares y rugosas (a diferencia de suelos finos cohesivos), aumentan la fricción interna de la mezcla suelo-ACR. Esta mayor fricción contribuye directamente a una mayor resistencia al corte del suelo mejorado, lo que se manifiesta como un incremento en el valor de CBR (González & Marín, 2022).
- ✓ Mejora de las Características de Compactación: La presencia de los agregados de concreto reciclado mejora las características de compactación de la mezcla. Al proporcionar una estructura más granular, el suelo se vuelve más fácil de compactar a mayores densidades, lo que se traduce en una mayor densidad seca y, consecuentemente, un CBR más alto (Pérez & Solís, 2024). Incluso en suelos cohesivos, la adición de ACR puede cambiar la curva de compactación, haciendo que la densidad máxima seca sea más alta y la humedad óptima más baja, facilitando así la compactación en campo.
- ✓ Rigidez y Soporte Estructural: Los fragmentos de concreto endurecido son partículas rígidas que aportan un esqueleto resistente a la mezcla. Este "esqueleto granular rígido" ayuda a distribuir las cargas de manera más eficiente y reduce las deformaciones bajo esfuerzo, lo que se refleja directamente en un incremento del valor de CBR" (Huamaní et al., 2023, p. 81).

Figura 4.

Muestra de suelos natural más escombros de concreto para ensayo CBR



Nota. La muestra que se visualiza es la fracción de material seleccionado o triturado junto con el suelo natural, donde se cumple la granulometría descrita para el ensayo CBR.

2.2.6. Diseño de Pavimentos Flexibles

La creación de un pavimento flexible se trata de un procedimiento de ingeniería que tiene como finalidad establecer los grosores correctos para cada capa de su composición (capa de desgaste, base y subbase). La meta es garantizar que el pavimento resista las cargas del tráfico anticipado a lo largo de su duración sin experimentar defectos tempranos, todo ello a un precio adecuado. La metodología AASHTO es uno de los enfoques empíricos más comúnmente empleados a nivel global para este propósito.

2.2.7. Metodología AASHTO Para Pavimentos. La Guía de Diseño de Pavimentos de la AASHTO, en su versión de 1993, introduce un enfoque empírico-mecanicista para el desarrollo de las estructuras de pavimento. Aunque hay ediciones más recientes y con enfoques más mecánicos, la guía de 1993 continúa siendo muy utilizada, gracias a su simplicidad relativa y a la amplia validación que ha acumulado a lo largo de los años en diversos proyectos de infraestructura vial.

El procedimiento se centra en determinar un Número Estructural (SN), que indica la capacidad total requerida para la estructura del pavimento. Este SN se distribuye entre las distintas capas (superficie, base y subbase), asignando espesores a cada una de ellas en función de la calidad de los materiales, los cuales están representados por los coeficientes de capa.

Bases y Principios del Diseño AASHTO 1993. La técnica AASHTO 1993 se basa en los hallazgos del AASHO Road Test, un ensayo a gran escala que tuvo lugar a finales de los años 50 y comienzos de los 60. Este importante estudio evaluó cómo diferentes tipos de pavimento reaccionaban ante cargas de tráfico controladas, estableciendo las bases empíricas para el método.

La base esencial del diseño radica en la noción de serviciabilidad, la cual evalúa el funcionamiento del pavimento desde la óptica del usuario. El objetivo del diseño es garantizar que la serviciabilidad, evaluada en una escala de 0 a 5 mediante el Índice de serviciabilidad Presente (PSI), permanezca por encima de un umbral mínimo aceptable (serviciabilidad final o terminal) antes de que se complete el período diseñado.

Así mismo los autores lo exponen:

El diseño se centra en limitar el deterioro del pavimento, principalmente el agrietamiento por fatiga y la deformación permanente (roderas), bajo el efecto acumulado del tráfico. La carga de cada tipo de vehículo se convierte a un número equivalente de Ejes

Equivalentes de Carga Simple (ESALs) de 80 kN (18,000 lb), que es el parámetro de entrada principal para cuantificar el efecto dañino del tráfico. (Mamlouk & Zaniewski, 2022, p. 278)

El método también integra ideas de confiabilidad (R) y desviación estándar (So) para tener en cuenta la incertidumbre relacionada con las proyecciones de tráfico y la respuesta de los materiales. La incorporación de la confiabilidad brinda al ingeniero la posibilidad de fijar un grado de seguridad de que el pavimento diseñado se mantendrá durante el tiempo planeado sin requerir grandes reparaciones. Un grado de confiabilidad superior, como el que se aplicaría en una carretera principal, producirá una base de pavimento más sólida. Según Papagiannakis y Masad (2021), "la confiabilidad en el diseño AASHTO es un reconocimiento explícito de que los parámetros de diseño no son determinísticos, sino variables aleatorias" (p. 315).

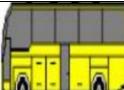
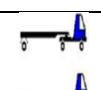
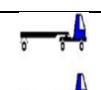
La ecuación central del método conecta todos estos factores (tráfico en ESALs, confiabilidad, servicibilidad y las características de los materiales de las capas y la subrasante) para determinar el Número Estructural (SN) necesario para la construcción.

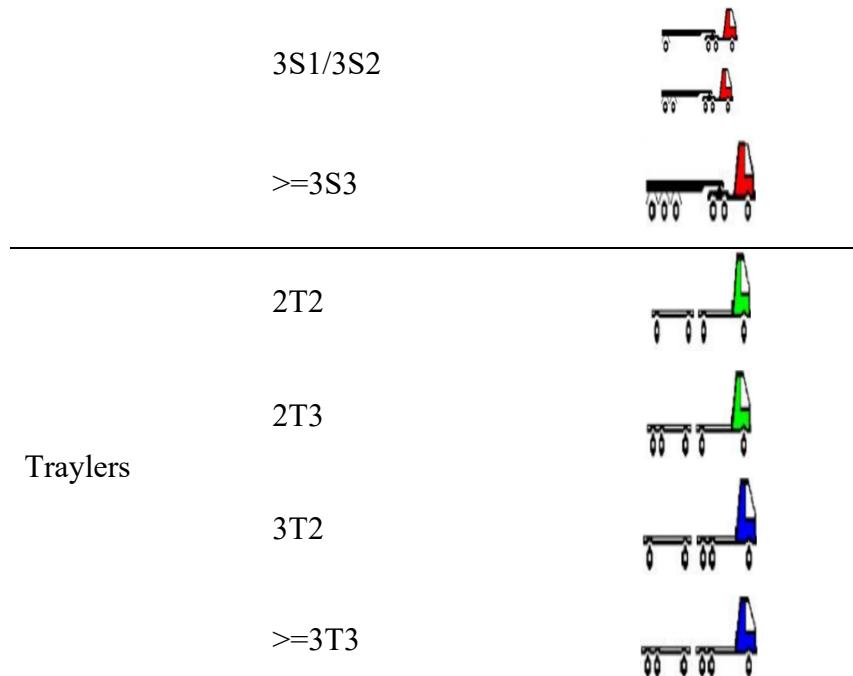
a. Estudio de Tráfico.

El tráfico es el principal factor de carga. En el enfoque AASHTO, el impacto adverso de todos los tipos de cargas de ejes (automóviles, camiones, autobuses) que transitarán durante la fase de diseño se convierte en un total acumulado de Ejes Equivalentes de Carga Simple (ESALs) de 80 kN (18 kips). Este valor, denominado también W18, simboliza la totalidad de los daños producidos por el tráfico. Su cálculo requiere "una proyección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), la distribución vehicular, las tasas de crecimiento del tráfico y los factores de equivalencia de carga para cada tipo de eje" (Mamlouk & Zaniewski, 2022, p. 215). Una subestimación de los ESALs conducirá a una falla prematura del pavimento.

Tabla 1.

Tipos de Vehículos para el estudio de tráfico.

TIPO DE VEHICULO		
Automóvil		
S. Wagon		
Pick Up		
Camionetas	Panel	
	Rural	
Micro		
2E		
Omnibus		
		
2E		
Camion	3E	
		
4E		
2S1/2S2		
Semitraylers		
2S3		



Nota. Adaptado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

Tabla 2.

Numero de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalente de 8.2 tn, en el carril de Diseño.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P5}	$> 1000000 \text{ EE} \leq 1500000 \text{ EE}$
T_{P6}	$> 1500000 \text{ EE} \leq 3000000 \text{ EE}$
T_{P7}	$> 3000000 \text{ EE} \leq 5000000 \text{ EE}$
T_{P8}	$> 5000000 \text{ EE} \leq 7500000 \text{ EE}$
T_{P9}	$> 7500000 \text{ EE} \leq 10000000 \text{ EE}$
T_{P10}	$> 10000000 \text{ EE} \leq 12500000 \text{ EE}$
T_{P11}	$> 12500000 \text{ EE} \leq 15000000 \text{ EE}$
T_{P12}	$> 15000000 \text{ EE} \leq 20000000 \text{ EE}$
T_{P13}	$> 20000000 \text{ EE} \leq 25000000 \text{ EE}$

 T_{P14} $> 25000000 \text{ EE} \leq 30000000 \text{ EE}$

Nota. Adaptado de la Guía AASHTO (1993)

Resultados obtenidos. El resultado que se obtiene en el conteo de vehículos es clasificado con respecto a la tabla de los tipos de vehículos la cual se encuentra en el anexo.

Cálculo del tráfico medio diario semanal (IMDs). El resultado del conteo semanal se obtuvo con respecto al conteo diario de entrada y salida y luego haciendo un ponderado de estos.

$$\text{IMDs} = \frac{\sum C_D}{7}$$

IMDs = Índice medio semanal

$\sum C_D$ = Sumatoria de vehículos diarios

Factor de corrección estacional (Fe). Como se sabe el volumen de vehículos que se transitan y que se llevan en el conteo para algún estudio tienen variación cada hora, día y también depende del mes en el que nos encontremos.

Este factor se aplica para poder corregir este valor y tener un valor un poco más real al que quisieras proyectar en todo un año, y este valor se obtiene de la SUTRAN el cual se obtiene del peaje más cercano al lugar de estudio y luego buscar el valor Factor de corrección estacional de acuerdo al mes que se requiera.

Índice medio diario anual (IMDa). Con los datos obtenidos en el censo de vehículos hecho para este estudio con los datos tomados por entrada, salida y también por días.

Una vez hecho el conteo total de vehículos se clasificó por tipos de vehículos y luego se hizo cálculo de índice medio semanal luego de esto es necesario hallar el índice medio diario anual (IMDa) con la siguiente formula:

$$IMD_a = Fe \times IMD_s$$



IMD_a = Indice Medio Diario Anual

IMD_s = Indice Medio Diario Semanal

Fe = Factor de Crecimiento Estacional

Tasa de crecimiento y Proyección de Tránsito. Primero la tasa de crecimiento al igual que el factor de corrección estacional se puede obtener de la ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas, en el cual encontraremos este valor para los vehículos livianos y pesados.

Luego con este dato nos servirá para poder calcular el valor de en el año donde se planea iniciar la ejecución del proyecto y para eso se utilizará la siguiente formula:

$$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$$

T_n = Transito proyectado al año “n”

T_0 = Transito actual en veh/dia

n = Años de periodo de diseño

r = Tasa anual de Crecimiento del transito

b. Módulo de Resiliencia de la Subrasante. El Módulo de Resiliencia (M_R) es el parámetro que caracteriza la rigidez o capacidad de soporte del suelo de la subrasante. Se define como la relación entre el esfuerzo desviador cíclico y la deformación axial recuperable en un ensayo triaxial de cargas repetidas ($M_R = \sigma_d/\epsilon_r$). A diferencia del CBR, el M_R es una propiedad mecánica que "mide la respuesta elástica del suelo bajo cargas dinámicas similares a las del tráfico, lo cual representa de manera más realista su comportamiento en campo" (Huang & Tutumluer, 2023, p. 121).

Un valor de M_R alto indica una subrasante de buena calidad, lo que reduce el espesor total de pavimento requerido. El método AASHTO también permite estimar el M_R a partir de correlaciones con el CBR, siendo una de las más comunes $M_R (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$.

c. Coeficiente de Drenaje. Este índice considera la influencia del agua en la fortaleza de las capas granulares sin tratamiento (base y subbase). El agua empapa estas capas, disminuye su resistencia y socava la estructura. Los coeficientes de drenaje (m^2 para la base y m^3 para la subbase) son factores que modifican los coeficientes de capa (a_i) para penalizar las condiciones de drenaje deficientes.

Como lo expresaron los autores:

El valor del coeficiente de drenaje depende de dos factores: la calidad del drenaje (el tiempo que tarda el agua en ser evacuada de la capa) y el porcentaje de tiempo durante el cual la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación. Un drenaje excelente y una baja exposición a la humedad resultan en un coeficiente m_i mayor (entre 1.4 y 1.2), mientras que un drenaje pobre lo reduce (entre 0.8 y 0.4). (Papagiannakis & Masad, 2021, p. 320)

d. Confiabilidad. La fiabilidad es un criterio que aporta un grado de seguridad al diseño al tener en cuenta la incertidumbre natural en la estimación del flujo vehicular y la variabilidad de los materiales. Este concepto refleja la probabilidad de que el pavimento diseñado funcione adecuadamente ante las condiciones de tráfico y ambientales a lo largo de su vida útil. Se elige conforme a la relevancia de la vía; por ejemplo, un sistema de carreteras urbanas con un alto tráfico "justifica un alto nivel de confiabilidad (ej. 95% - 99.9%), mientras que, para una carretera local de bajo volumen, un nivel menor (ej. 75% - 80%) puede ser aceptable" (Mamlouk & Zaniewski, 2022, p. 281). Un incremento en la confiabilidad implica un diseño más prudente y, como consecuencia, una infraestructura de pavimento más resistente.

Tabla 3.

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico

Tipos de Caminos	Trafico	Ejes Equivalente Acumulados	Nivel de Confiabilidad (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	75000	150000 65%
	T_{P1}	150001	300000 70%
	T_{P2}	300001	500000 75%
	T_{P3}	500001	750000 80%
	T_{P4}	750001	1000000 80%
Resto de Caminos	T_{P5}	1000001	1500000 85%
	T_{P6}	1500001	3000000 85%
	T_{P7}	3000001	5000000 85%
	T_{P8}	5000001	7500000 90%

T_{P9}	7500001	10000000	90%
T_{P10}	10000001	12500000	90%
T_{P11}	12500001	15000000	90%
T_{P12}	15000001	20000000	95%
T_{P13}	20000001	25000000	95%
T_{P14}	25000001	30000000	95%
T_{P15}	>30000000		95%

Nota. Adaptado de la Guía AASHTO (1993)

e. **Desviación normal estándar (Z_R).** Este valor se relaciona al tipo de tráfico en el que se trabaja.

Tabla 4.

Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_R) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el rango de tráfico.

Tipos de Caminos	Traffic	Ejes Equivalente Acumulados	Desviación Estándar Normal (Z_R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	75000	150000
	T_{P1}	150001	300000
	T_{P2}	300001	500000
	T_{P3}	500001	750000
	T_{P4}	750001	1000000
	T_{P5}	1000001	1500000
	T_{P6}	1500001	3000000
	T_{P7}	3000001	5000000
Resto de Caminos	T_{P8}	5000001	7500000
			-1.282

T_{P9}	7500001	10000000	-1.282
T_{P10}	10000001	12500000	-1.282
T_{P11}	12500001	15000000	-1.282
T_{P12}	15000001	20000000	-1.645
T_{P13}	20000001	25000000	-1.645
T_{P14}	25000001	30000000	-1.645
T_{P15}	>30000000		-1.645

Nota. Adaptado de la Guía AASHTO (1993)

f. Desviación Estándar Global. La Desviación Estándar Global (So) es una medida estadística que evalúa la variabilidad general o el error vinculado al proceso de diseño. Toma en cuenta la acumulación de las discrepancias esperadas entre el tráfico y el rendimiento proyectados por la fórmula de diseño, y lo que verdaderamente sucederá en el terreno. Incluye "la variabilidad en la predicción del tráfico (error en el pronóstico de ESALs) y la variabilidad en el comportamiento del pavimento (error en la predicción de la vida útil)" (Huang & Tutumluer, 2023, p. 355). AASHTO recomienda valores típicos para So que oscilan entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles.

g. Índice de Servicio de Pavimento. El Índice de Servicio del Pavimento (PSI) es una medida numérica, en una escala de 0 (intransitable) a 5 (perfecto), que refleja la calidad del servicio que una vía proporciona al usuario. La estructura se fundamenta en la disminución de la capacidad de servicio con el transcurso del tiempo (Δ PSI). Se definen dos valores:

- PSI Inicial (p_i): El valor inmediatamente después de la construcción. Para pavimentos flexibles suele estar entre 4.2 y 4.5.

Tabla 5.

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) según Rango de Trafico

Tipos de Caminos	Trafico	Ejes Equivalente Acumulados	(P_i) Índice de Serviciabilidad Inicial
Caminos de Volumen de Tránsito	T_{P0}	75000	150000 3.80
	T_{P1}	150001	300000 3.80
	T_{P2}	300001	500000 3.80
	T_{P3}	500001	750000 3.80
	T_{P4}	750001	1000000 3.80
	T_{P5}	1000001	1500000 4.00
	T_{P6}	1500001	3000000 4.00
	T_{P7}	3000001	5000000 4.00
	T_{P8}	5000001	7500000 4.00
	T_{P9}	7500001	10000000 4.00
	T_{P10}	10000001	12500000 4.00
	T_{P11}	12500001	15000000 4.00
	T_{P12}	15000001	20000000 4.20
	T_{P13}	20000001	25000000 4.20
	T_{P14}	25000001	30000000 4.20
	T_{P15}	>30000000	4.20

Nota. Adaptado de la Guía AASHTO (1993)

PSI Terminal o Final (p_t): El valor mínimo aceptable al final de la vida de diseño, cuando se considera que el pavimento necesita una rehabilitación mayor. Para vías importantes, se suele usar un p_t de 2.5, mientras que para vías de menor categoría puede ser 2.0.

Tabla 6.

Índice de Serviciabilidad Final (Pt) según Rango de Trafico.

Tipos de Caminos	Trafico	Ejes Equivalente		Índice de Serviciabilidad Final (Pt)
		Acumulados		
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	75000	150000	2.00
	T_{P1}	150001	300000	2.00
	T_{P2}	300001	500000	2.00
	T_{P3}	500001	750000	2.00
	T_{P4}	750001	1000000	2.00
Resto de Caminos	T_{P5}	1000001	1500000	2.50
	T_{P6}	1500001	3000000	2.50
	T_{P7}	3000001	5000000	2.50
	T_{P8}	5000001	7500000	2.50
	T_{P9}	7500001	10000000	2.50
	T_{P10}	10000001	12500000	2.50
	T_{P11}	12500001	15000000	2.50
	T_{P12}	15000001	20000000	3.00
	T_{P13}	20000001	25000000	3.00
	T_{P14}	25000001	30000000	3.00
	T_{P15}	>30000000		3.00

Nota. Adaptado de la Guía AASHTO (1993)

Determinación de espesores. Lo primero para determinar los espesores finales de la estructura del pavimento es calcular el número estructural SN, y este valor es esencial para determinar los espesores de cada capa. (Garcia, 2015)

Este valor se obtiene con la siguiente formula que nos da AASHTO 93:

$$\log(W_{18}) = Z_R(S_0) + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_r - 8.07$$

Donde:

W_{18} = ESAL para diseño

Z_R = Desviacion estandar normal

S_0 = Desviación estándar total

ΔPSI = Diferencia entre serviciabilidad inicial y final

M_r = Modulo resiliente de la subrasante

SN = Numero estructural requerido

Numero Estructural Propuesto. Luego de calcular el número estructural requerido necesitamos calcular el espesor de las capas que compondrán la estructura del pavimento y para eso tenemos una fórmula para calcular un numero estructural propuesto y para saber cuál sería los valores tenemos que ir probando los espesores para que el propuesto sea mayor que el requerido, pero también al momento de colocar valores se tiene que tener en cuenta los costos.

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

a_1 = Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica

a_2 = Coeficiente estructural de la capa base

a_3 = Coeficiente estructural de la capa sub - base

m_2, m_3 = Coeficiente de drenaje de la base y sub - base

d_1 = Espesor de la capa asfáltica en centímetros.

d_2 = Espesor de la capa base en centímetros.

d_3 = Espesor de la capa sub - base en centímetros.

h. Bulbo de presiones en carga puntual.

El cálculo del incremento de esfuerzos verticales ($\Delta\sigma_z$) dentro de un suelo debido a una carga puntual (P) aplicada en la superficie se basa en la Teoría de Boussinesq (Das, 2001; Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1995).

Hipótesis del Modelo: Para que la solución de Boussinesq sea aplicable, se deben cumplir ciertas idealizaciones sobre el material y el medio (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1995):

- El suelo es un medio semi-infinito (limitado por la superficie horizontal y extendido infinitamente hacia abajo y en todas las direcciones horizontales).
- El suelo es homogéneo (posee las mismas propiedades en todos sus puntos).
- El suelo es isotrópico (sus propiedades elásticas son iguales en todas las direcciones).
- El suelo es elástico (obedece la Ley de Hooke).

Ecuación Fundamental: La fórmula de Boussinesq permite calcular el incremento de esfuerzo vertical ($\Delta\sigma_z$) en un punto definido por coordenadas radiales (r) y de profundidad (Z):

$$\Delta\sigma_z = \frac{3P}{2\pi \times Z^2} \left[\frac{1}{1 + (r/Z)^2} \right]^{5/2}$$

Donde:

- $\Delta\sigma_z$: Incremento de esfuerzo vertical en el punto de análisis (kN/m^2 o kPa).
- P: Magnitud de la carga puntual aplicada en la superficie (kN).

- Z: Profundidad (vertical) desde la superficie hasta el punto de análisis (m). En su caso, esta Z representa el espesor H de escombros que desea hallar.
- r: Distancia radial (horizontal) desde el punto de aplicación de P hasta el punto de análisis (m).
- $\left[\frac{3}{2\pi} \left[\frac{1}{1+(r/Z)^2} \right]^{5/2} \right]$: Factor de influencia de Boussinesq (I_B), que es adimensional y representa cómo se disipa la carga con la profundidad.

El Bulbo de Presiones: El Bulbo de Presiones es el lugar geométrico (curvas) que une todos los puntos dentro de la masa de suelo que experimentan el mismo incremento de esfuerzo vertical ($\Delta\sigma_z$). Las curvas que forman este bulbo se denominan isóbaras (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1995).

- La máxima tensión siempre ocurre directamente debajo de la carga (r=0).
- La isóbara de interés para el diseño de cimentaciones o rellenos se define generalmente como aquella donde $\Delta\sigma_z$ se reduce al 10% del esfuerzo aplicado en la superficie (Bulbo del 10%).

Aplicación para la Determinación del Espesor de Escombros (H): Para su trabajo de investigación, el cálculo del espesor de escombros (H) se realiza invirtiendo la fórmula:

- Se define la Tensión Tolerable ($\Delta\sigma_{tol}$) que el suelo subyacente puede soportar sin fallar o asentarse excesivamente.
- Se asume la posición más crítica, que es directamente debajo de la carga (r=0).
- Se sustituye $\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{tol}$ y $Z=H$ en la fórmula simplificada (r=0):
- Se despeja el espesor H:

$$\Delta\sigma_{tol} = \frac{3P}{2\pi \times H^2}$$

- Se despeja el espesor H:

$$H = \sqrt{\frac{3P}{2\pi \times \Delta\sigma_{tol}}}$$

Este cálculo que se hace es para el espesor mínimo que se tendría que agregar de escombros para que sea lo suficiente para que el incremento de esfuerzo transmitido de la carga al suelo critico sea igual o menor a $\Delta\sigma_z \cdot z$

2.2.8. Presupuestos En Obras Viales.

El presupuesto para un proyecto de infraestructura vial es una herramienta esencial que facilita la estimación del costo total antes de comenzar la obra. Este análisis minucioso no solo establece la factibilidad económica del proyecto, sino que también actúa como una guía para la administración y supervisión de los recursos durante cada etapa. Un presupuesto bien diseñado en proyectos viales debe incluir una variedad de elementos, desde los gastos en materiales y mano de obra, hasta el alquiler de equipos especializados, los costos indirectos y las contingencias que puedan presentarse.

La precisión en esta etapa es crucial, ya que "un presupuesto preciso es la base para la toma de decisiones informadas, la asignación eficiente de recursos y la evaluación del rendimiento del proyecto" (García, 2023, p. 15). De esta manera, se convierte en un pilar para el éxito y la rentabilidad de la infraestructura vial.

Para mejorar la elaboración de estos presupuestos, los expertos en construcción y en ingeniería civil utilizan software específico. Estas aplicaciones automatizan cálculos complejos, administran bases de datos de precios unitarios y ayudan a adaptarse a las modificaciones que puedan aparecer a lo largo del proyecto. Su utilización disminuye de manera notable el riesgo de errores humanos y acelera la producción de informes detallados.

En el mercado latinoamericano, entre las herramientas más reconocidas se encuentran S10 Costos y Presupuestos y Delphin Express.



a. S10 Costo Y Presupuestos. S10 se ha convertido en uno de los softwares más destacados y empleados en el ámbito de la construcción en Perú y en otras naciones de la zona para realizar presupuestos. Este programa está centrado en la administración total de los costos, incluyendo desde la elaboración de metrados y estudios de precios unitarios (APU) hasta el desarrollo del presupuesto final y la planificación de la obra.

Una de las grandes ventajas que ofrece es su base de datos, la cual puede ser ajustada por el usuario para reflejar los costos particulares de su zona o de su proveedor. Asimismo, el programa está elaborado para gestionar la complejidad de las construcciones viales, permitiendo dividir el proyecto en partidas concretas como movimiento de tierras, pavimentación, estructuras, drenaje y señalización. La capacidad de "integrar todos los componentes del costo, desde los insumos directos hasta los gastos generales y utilidades" (Constructivo, 2022), lo convierte en una herramienta robusta para la planificación y el control económico de la obra.

b. Delphin Express. Delphin Express es una herramienta robusta y multifuncional para la elaboración de presupuestos en el sector de la construcción. Se distingue por su diseño amigable y su orientación hacia la productividad, lo que permite a los usuarios elaborar estimaciones minuciosas de forma ágil y exacta. Este software es especialmente apreciado por su flexibilidad para ajustarse a diversas clases de proyectos, incluidas las infraestructuras viales.

Una de las fortalezas competitivas de Delphin Express radica en su énfasis en la cooperación y la administración de la información. El programa simplifica el proceso de importar y exportar datos, lo que favorece una interacción efectiva entre los diversos participantes del proyecto. Tal como indica un estudio reciente sobre soluciones digitales en el ámbito de la ingeniería:

La interoperabilidad es clave en la gestión de proyectos modernos. Herramientas como Delphin Express permiten no solo la elaboración del presupuesto, sino también su integración con otros procesos de planificación y control, generando un ecosistema de datos coherente que minimiza las discrepancias y optimiza la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto. (Revista de Ingeniería y Construcción, 2024, p. 45)

2.3 Marco Normativo

El presente estudio se ajusta a las siguientes normativas legales y técnicas, las cuales respaldan la utilización de materiales reciclados y los métodos de diseño estructural aplicados a pavimentos.

2.3.1. *Normas Técnicas de Diseño y Construcción (Perú)*

Estas normas rigen los requisitos mínimos de ingeniería.

- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014): Documento normativo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Es fundamental para clasificar la subrasante y definir las exigencias de los materiales que componen las capas del pavimento (base y subbase).
- Manual de Ensayo de Materiales (MTC E107): Procedimiento estándar para el análisis granulométrico y control de calidad.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) - Norma CE.010 Pavimentos Urbanos: Norma específica para entornos como Nuevo Chimbote. Establece los criterios de diseño, construcción y mantenimiento para vías urbanas, asegurando que la estructura soporte el tráfico local.
- AASHTO (1993): Guía internacional para el diseño de estructuras de pavimento flexible mediante el método empírico-mecanicista.



2.3.2. *Normas Técnicas Peruana (NTP)*

Garantizan que los ensayos realizados en el estudio sigan procedimientos estandarizados por INACAL.

- NTP 339.128 (Granulometría): Establece el método para la determinación de la distribución de las partículas del suelo por tamizado.
- NTP 339.141 (Proctor Modificado): Define el procedimiento para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca de los suelos compactados.
- NTP 339.145 (CBR): Regula el ensayo para determinar el Índice de Resistencia de los Suelos (California Bearing Ratio), vital para evaluar la capacidad de soporte de la subrasante y materiales reciclados.



CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque De La Investigación

La presente investigación presenta un enfoque cuantitativo, a través de las muestras para su respectivo estudio, refiriéndose a un análisis de cantidades, por este motivo se determinó el uso del enfoque en mención.

La investigación es de nivel explicativo, ya que en la tesis se tiene como propósito investigar la influencia tras la incorporación de porcentajes de escombros de concreto en el mejoramiento del índice de CBR en la subrasante, y se explicarán detalladamente los procedimientos empleados.

3.2 Método

La naturaleza de esta investigación es aplicada en función de su objetivo, ya que se basa en el empleo de conocimientos previamente establecidos en el campo de la ingeniería para la mejora de la subrasante a través de la utilización de restos de concreto.

3.3 Diseño De Investigación

La tesis está basada en un diseño cuasiexperimental, debido a que, se adiciona de manera intencional porcentajes de escombros de concreto a la subrasante, con la intención de analizar la influencia en sus propiedades. Por lo que se altera la variable independiente para determinar su influencia en la o las variables dependientes. En este tipo de investigación las muestras son escogidas de manera no aleatoria y no al azar.

3.3.1. *Diseño de Contrastación de la Hipótesis*

Hipótesis:

La incorporación de agregado proveniente de escombros de concreto se espera que tenga un impacto positivo en el índice de CBR de las subrasantes, lo que conduce a la optimización del diseño del espesor de la estructura del pavimento.

Hipótesis nula (H0):

La adición de agregado proveniente de escombros de concreto no tiene un impacto positivo significativo en el índice de CBR de las subrasantes en pavimentos de Nuevo Chimbote

$$H_0: \mu_A \leq \mu_B$$

Donde:

μ_A : Representa la media del índice de CBR con adición de escombros de concreto

μ_B : Representa la media del índice de CBR sin adición de escombros de concreto

Hipótesis alternativa:

La adición de agregado proveniente de escombros de concreto tendrá un impacto positivo significativo en el índice de CBR de las subrasantes, lo que conducirá a la optimización del diseño del espesor de la estructura del pavimento en Nuevo Chimbote.

$$H_1: \mu_A > \mu_B$$

Donde:

μ_A : Representa la media del índice de CBR con adición de escombros de concreto

μ_B : Representa la media del índice de CBR sin adición de escombros de concreto

Esta hipótesis alternativa sugiere que hay una diferencia significativa y que la adición de escombros de concreto tiene un impacto positivo en el índice de CBR.

3.3.2. Diseño Experimental:

1. Población de Estudio:

- Subrasantes de pavimentos en Nuevo Chimbote.

2. Muestra y Grupos:



- Seleccionar aleatoriamente dos grupos: Grupo experimental y Grupo de control.
- Grupo experimental: Subrasantes con adición de escombros de concreto.
- Grupo de control: Subrasantes sin adición de escombros de concreto.

3. Variables:

- Variable Dependiente: Índice de CBR en subrasantes de pavimentos.
- Variable Independiente: Escombros de concreto.

4. Procedimiento:

- Preparación: Asegurar que ambos grupos sean similares en términos de características del suelo y condiciones iniciales.
- Aplicación: Agregar escombros de concreto al suelo en el grupo experimental, mientras que no se agrega en el grupo de control.
- Medición: Determinar el índice de CBR en ambas condiciones (antes y después de la aplicación de escombros) para evaluar el cambio en el rendimiento de las subrasantes.

5. Análisis Estadístico:

- Utilizar pruebas estadísticas (por ejemplo, pruebas t, ANOVA) para comparar los índices de CBR entre el grupo experimental y el grupo de control antes y después de la aplicación de escombros.
- Establecer un nivel de significancia para evaluar la significancia estadística.

6. Consideraciones Éticas:

- Obtener consentimiento informado si es necesario, especialmente si hay manipulación directa en el entorno.
- Asegurarse de que la adición de escombros sea segura y cumpla con las regulaciones ambientales.

7. Conclusiones:



- Si se encuentra una diferencia estadísticamente significativa en el índice de CBR entre el grupo experimental y el grupo de control después de la adición de escombros, se respaldaría la hipótesis.
- Si no se encuentra una diferencia significativa, se aceptaría la hipótesis nula, indicando que la adición de escombros de concreto no tiene un efecto significativo en el índice de CBR.

3.4 Población

La población de la investigación está constituida por la totalidad del material de la capa de subrasante existente a lo largo de la vía que es objeto de estudio en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote.

3.5 Muestra

La muestra consistió en el material extraído de la subrasante a través de tres calicatas realizadas en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote.

El muestreo fue del tipo no probabilístico y por conveniencia, porque los elementos de la muestra se escogieron al criterio del investigador.

3.6 Operacionalización De Las Variables De Estudio.

3.6.1. *Definición De Variables.*

- Variable Dependiente: Índice de CBR en subrasantes de pavimentos. Es un valor obtenido del ensayo CBR utilizado para determinar la calidad relativa de la subrasante en base a su resistencia mecánica.
- Variable Independiente: Escombros de concreto. Es el material de residuo extraído de construcción y demolición de edificaciones.

Tabla 7.

Operacionalización de las variables.

NOMBRE				
VARIABLE	DE LAS	DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	ESCALA
VARIABLES				
INDEPENDIENTE	Escombros de concreto	Propiedades físicas	Ficha Técnica con referencia en MC-06-16 (Ensayo de Materiales)	Ordinal
DEPENDIENTE	Índice de CBR en subrasantes de pavimentos.	Ensayo Proctor Modificado	Ficha Técnica de resultados de laboratorio	Ordinal
		Capacidad portante del suelo (CBR)	Ficha Técnica de resultados de laboratorio	Ordinal

Nota. Esta tabla muestra la operacionalización de las variables tanto dependiente como independiente, cómo van a ser estudiadas según sus características.

3.7 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos

3.7.1. Técnicas De Recolección De Datos. Para la presente investigación se utilizó la observación directa para seleccionar la ubicación exacta de los puntos del lugar con la finalidad de obtener el material de muestras del suelo, estas muestras sirvieron para posteriormente realizar los ensayos necesarios. Se utilizó el análisis de los documentos que rigen el reglamento peruano, además de la revisión bibliografía que permitió recolectar la información para el marco teórico. Esta información asegura la correcta ejecución de las pruebas de campo y de laboratorio, habiéndose llevado a cabo dichas pruebas en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad nacional del santa.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos. Es conveniente utilizar los instrumentos adecuados que recopilen la información, mejorando la calidad de los resultados de la investigación. En este estudio, se realizaron análisis mediante la herramienta Microsoft Excel, que ofrece conveniencia al emplear hojas de cálculo.

A. Ensayos de campo

Muestreo de la subrasante a través de calicatas.

B. Ensayos de laboratorio.

Cálculo del contenido de humedad del suelo (horno eléctrico)

Compactaciones de suelos utilizando energía modificada (Proctor modificado)

Ensayo de CBR en laboratorio

C. Trabajo en oficina.

AutoCAD versión 2024: Software de diseño asistido por computadora (CAD) utilizado en la creación de planos y modelos en 2D y 3D para arquitectura, ingeniería y construcción.

Delphin Express 2024: Software de procesamiento de datos para la elaboración de presupuestos, análisis de costos unitarios, metrados y cronogramas incluyendo partidas, recursos, tipo de moneda, unidades, etc.



La planificación para realizar el diseño de pavimentos flexibles se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la metodología AASHTO 1993. Esta metodología proporciona estructuras ya definidas que facilitan la recopilación y organización de los datos necesarios para efectuar los cálculos de los parámetros.

3.8 Técnicas De Análisis De Resultados.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, por lo que se hará uso de la Estadística Descriptiva para el análisis de los datos recolectados, a través de apuntes en formatos, también se elaboran gráficos y cuadros de Excel, obteniendo información para así poder analizar e interpretar de mejor manera los resultados y poder comprobar la hipótesis.

Se utilizaron los siguientes softwares:

- Prueba de Normalidad Shapiro Wilk utilizado para contrastar la normalidad de un conjunto de datos.
- Prueba ANOVA de un factor utilizada para examinar las diferencias en las medias de tres o más grupos.
- Microsoft Excel versión 2019: Software de hoja de cálculo utilizado para análisis de datos, creación de gráficos, y automatización de tareas mediante fórmulas y macros.
- Microsoft Word versión 2019: Software de procesamiento de texto utilizado para la creación, edición y formato de documentos con herramientas de colaboración y diseño.

Así también se verificaron los parámetros necesarios para la investigación en las NTP correspondientes a los ensayos y la CE.010 diseño de pavimento urbanos.



CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1. Resultados Del CBR De La Subrasante Natural

a. Análisis Granulométrico De La Muestra Patrón. En aras de determinar la distribución por tamaño de las partículas del suelo, se llevó a cabo el ensayo de análisis granulométrico. Para ello, se empleó la metodología descrita en el Método de Ensayo MTC E107, así como la NTP 339.128.

Los resultados del ensayo mostraron, de manera concluyente, que la muestra de subrasante está compuesta principalmente por arena, con un porcentaje de finos muy bajo. En efecto, esta composición granular es un indicador favorable de la calidad del suelo para su uso en proyectos de construcción vial. Adicionalmente, las muestras de suelo se obtuvieron mediante la excavación de calicatas a una profundidad de 1.50 metros. Cabe destacar que a lo largo de dicha profundidad se encontró un solo estrato de suelo, lo cual asegura la homogeneidad de la muestra analizada y, en consecuencia, refuerza la validez de los resultados obtenidos para la zona de estudio. En la siguiente tabla se muestran la clasificación obtenida de cada una de las calicatas en el sistema SUCS:

Tabla 8.

Clasificación de suelos en SUCS del suelo natural de cada calicata.

Nº de Calicata	Estrato	Clasificación SUCS	
		Grupo	Características
Calicata N° 01	N° 01	SP	Arena mal graduada
Calicata N° 02	N° 01	SP	Arena mal graduada
Calicata N° 03	N° 01	SP	Arena mal graduada

En la siguiente tabla se muestran la clasificación obtenida de cada una de las calicatas en el sistema AASHTO:

Tabla 9.

Clasificación de suelos en AASHTO del suelo natural de cada calicata.

Nº de Calicata	Estrato	Clasificación AASHTO	
		Grupo	Características
Calicata N° 01	N° 01	A-3(0)	Arena fina
Calicata N° 02	N° 01	A-3(0)	Arena fina
Calicata N° 03	N° 01	A-3(0)	Arena fina

b. Ensayo De Proctor Modificado De La Muestra Patrón. El ensayo de compactación Proctor Modificado se realizó en la muestra de suelo patrón para determinar su densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo. Estos parámetros son esenciales para establecer las especificaciones de compactación y el determinar el valor de CBR.

Tabla 10.

Resultados de ensayo Proctor modificado del suelo natural.

Nº de Calicata	Ensayo Proctor Modificado	
	Optimo contenido de humedad	Máxima densidad seca
Calicata N° 01	9.60%	1.779 gr/cm ³
Calicata N° 02	9.50%	1.802 gr/cm ³
Calicata N° 03	9.90%	1.765 gr/cm ³

c. **Ensayo Del Índice De CBR.** El ensayo del Índice de CBR se llevó a cabo para determinar la capacidad de soporte de la subrasante, un parámetro crítico en el diseño de pavimentos. Los ensayos se realizaron en el suelo extraído de la muestra patrón de todas las calicatas, compactadas a la densidad máxima seca y al contenido de humedad óptimo previamente establecidos en el ensayo Proctor Modificado.

Tabla 11.

Resultados del ensayo de CBR del suelo natural.

Ensayo del índice de CBR			
Nº de Calicata	Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.1" de penetración	Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.2" de penetración	
Expansión			
Calicata N° 01	0%	10.20%	11.73%
Calicata N° 02	0%	11.88%	13.33%
Calicata N° 03	0%	9.14%	11.09%

Nota. Solo se consideró el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca para 0.1" y 0.2" de penetración.

4.1.2. Resultados Del Cbr De La Subrasante Con Escombros

a. **Ensayo De Proctor Modificado.** El ensayo de compactación Proctor Modificado se realizó en la muestra de suelo patrón adicionando diferentes porcentajes de escombros para determinar su densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo.

Tabla 12.

Resultados de ensayo Proctor modificado del suelo adicionando escombros de concreto.

Nº de Calicata	Muestra	Ensayo Proctor Modificado	
		Optimo contenido de humedad	Máxima densidad seca
Calicata N° 01	Suelo + 10% de escombros de concreto	10.80%	1.838 gr/cm ³
Calicata N° 01	Suelo + 15% de escombros de concreto	11.10%	1.886 gr/cm ³
Calicata N° 01	Suelo + 20% de escombros de concreto	11.50%	1.878 gr/cm ³
Calicata N° 02	Suelo + 10% de escombros de concreto	10.10%	1.848 gr/cm ³
Calicata N° 02	Suelo + 15% de escombros de concreto	10.70%	1.903 gr/cm ³
Calicata N° 02	Suelo + 20% de escombros de concreto	11.10%	1.888 gr/cm ³
Calicata N° 03	Suelo + 10% de escombros de concreto	10.40%	1.801 gr/cm ³
Calicata N° 03	Suelo + 15% de escombros de concreto	10.60%	1.850 gr/cm ³
Calicata N° 03	Suelo + 20% de escombros de concreto	11.20%	1.830 gr/cm ³

Nota. Resultados del ensayo de Proctor modificado del suelo adicionando los tres porcentajes de escombros de concreto.

b. Ensayo Del Índice De CBR. El ensayo del Índice de CBR se llevó a cabo para determinar la capacidad de soporte de la subrasante, un parámetro crítico en el diseño de pavimentos. Los ensayos se realizaron en el suelo extraído de la muestra patrón de todas las calicatas adicionando diferentes porcentajes de escombros, compactadas a la densidad máxima seca y al contenido de humedad óptimo previamente establecidos en el ensayo Proctor Modificado.

Tabla 13.

Resultados de ensayo Proctor modificado del suelo adicionando escombros de concreto.

Nº de Calicata	Muestra	Ensayo del índice de CBR		
		Expansión	Valor de CBR al 95% de la MDS y	Valor de CBR al 95% de la MDS y
			0.1" de penetración	0.2" de penetración
Calicata Nº 01	Suelo + 10% de escombros de concreto	0%	12.69%	14.80%
Calicata Nº 01	Suelo + 15% de escombros de concreto	0%	30.92%	33.91%
Calicata Nº 01	Suelo + 20% de escombros de concreto	0%	23.86%	31.84%
Calicata Nº 02	Suelo + 10% de escombros de concreto	0%	15.46%	16.92%

Calicata Nº 02	Suelo + 15% de escombros de concreto	0%	33.21%	37.27%
Calicata Nº 02	Suelo + 20% de escombros de concreto	0%	25.96%	33.85%
Calicata Nº 03	Suelo + 10% de escombros de concreto	0%	12.28%	15.60%
Calicata Nº 03	Suelo + 15% de escombros de concreto	0%	27.11%	33.67%
Calicata Nº 03	Suelo + 20% de escombros de concreto	0%	23.80%	31.78%

Nota. Resultados del ensayo de CBR del suelo adicionando los tres porcentajes de escombros de concreto.

Figura 5.

Calicata N°01: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.1" de penetración

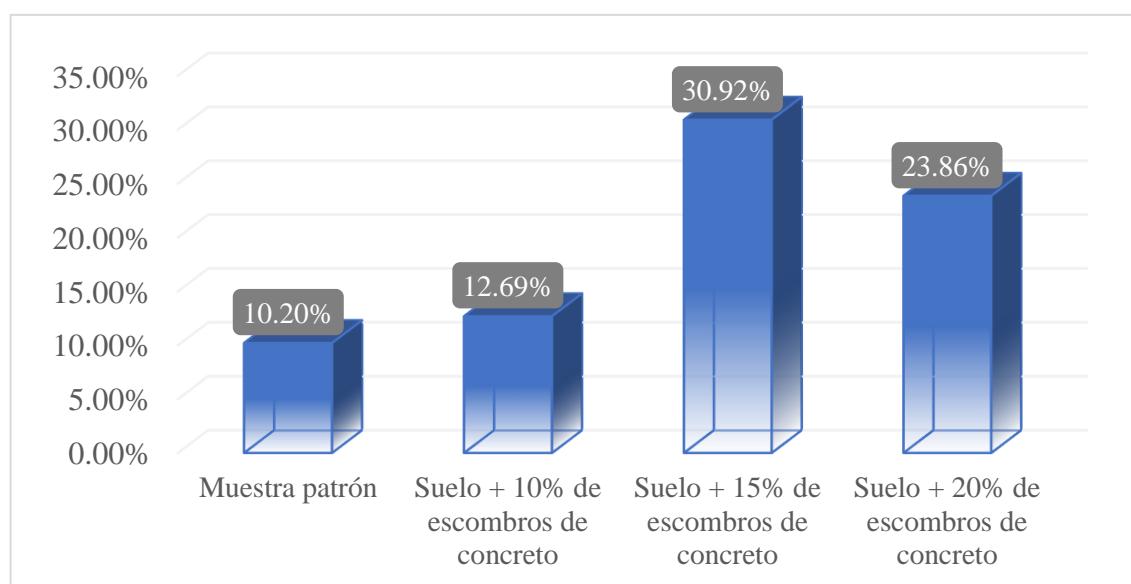


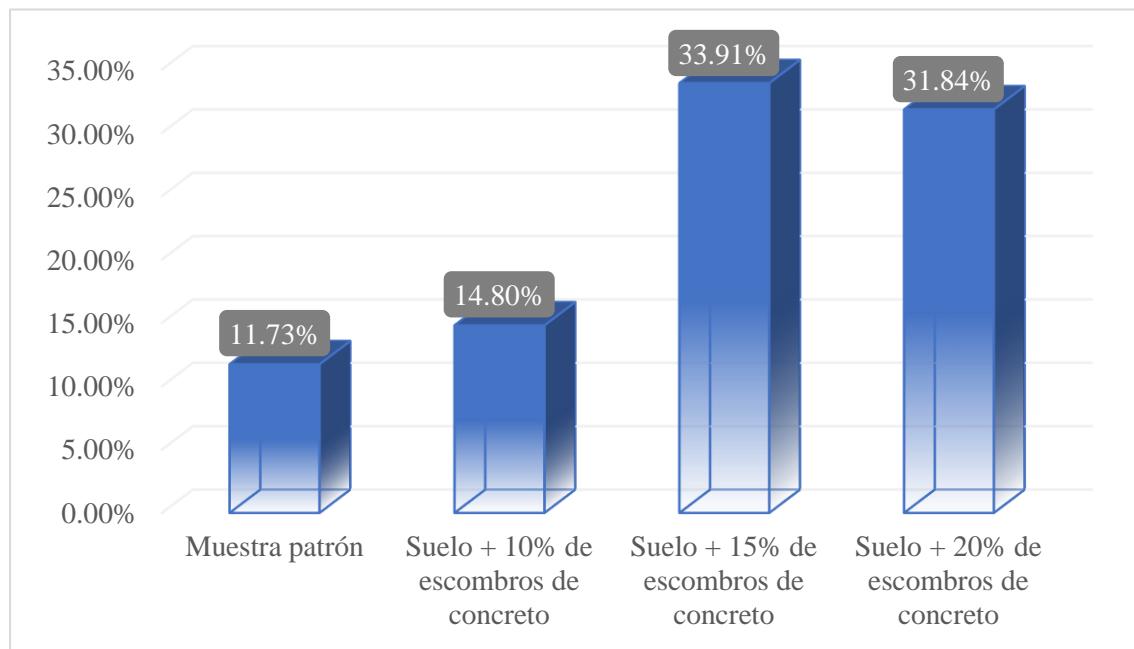
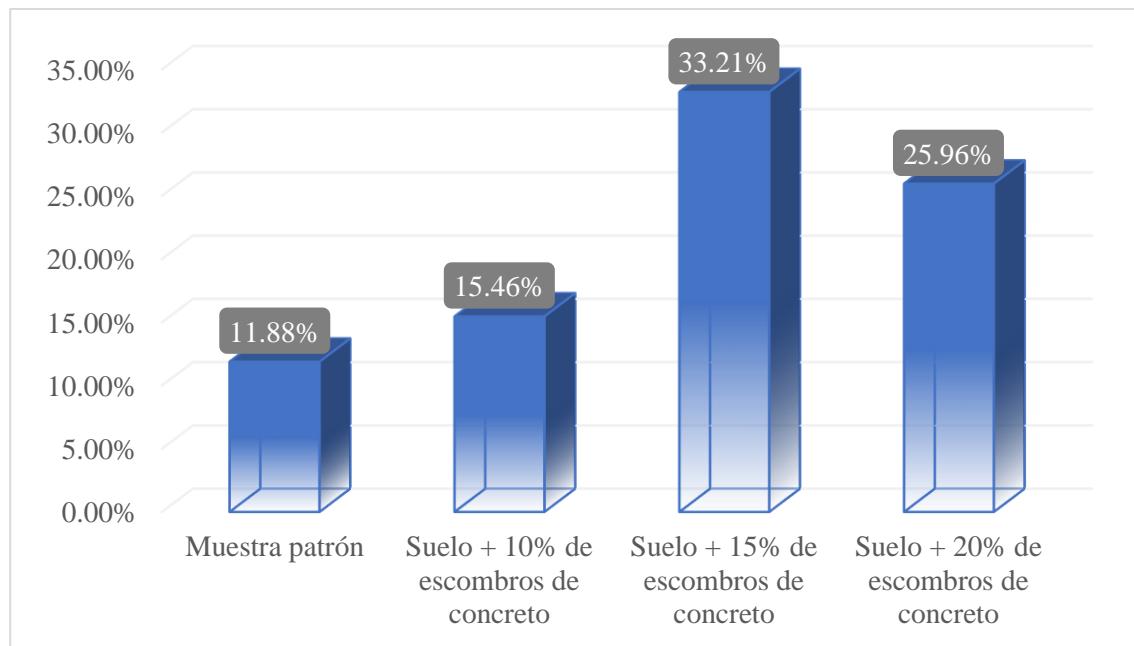
Figura 6.*Calicata N°01: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.2" de penetración***Figura 7.***Calicata N°02: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.1" de penetración*

Figura 8.

Calicata N°02: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.2" de penetración

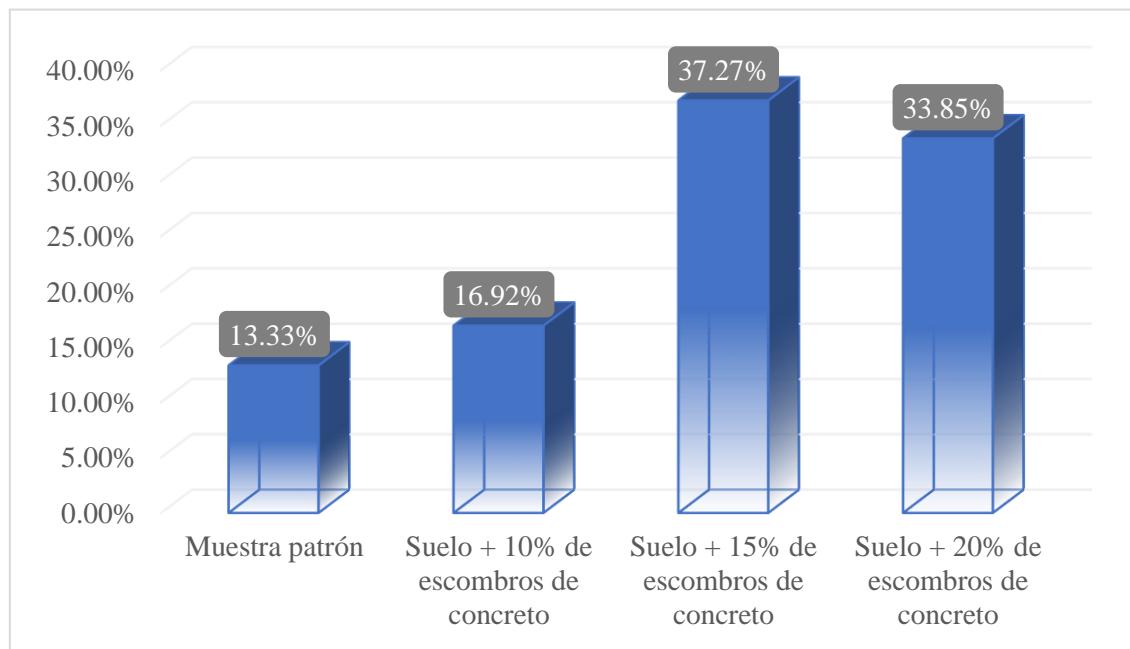


Figura 9.

Calicata N°03: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.1" de penetración

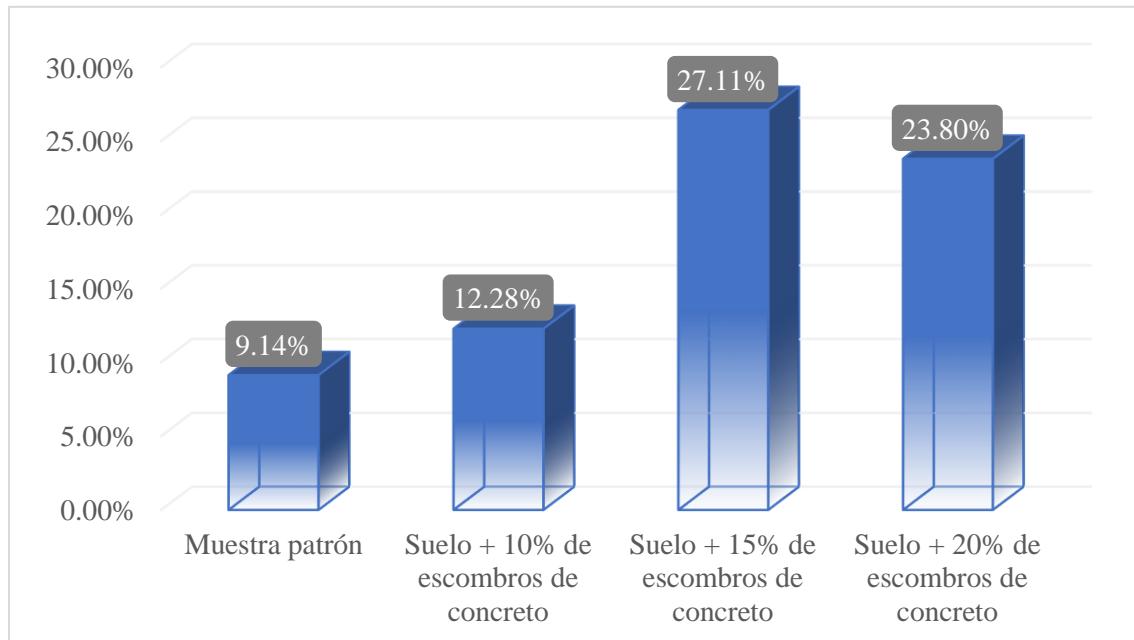
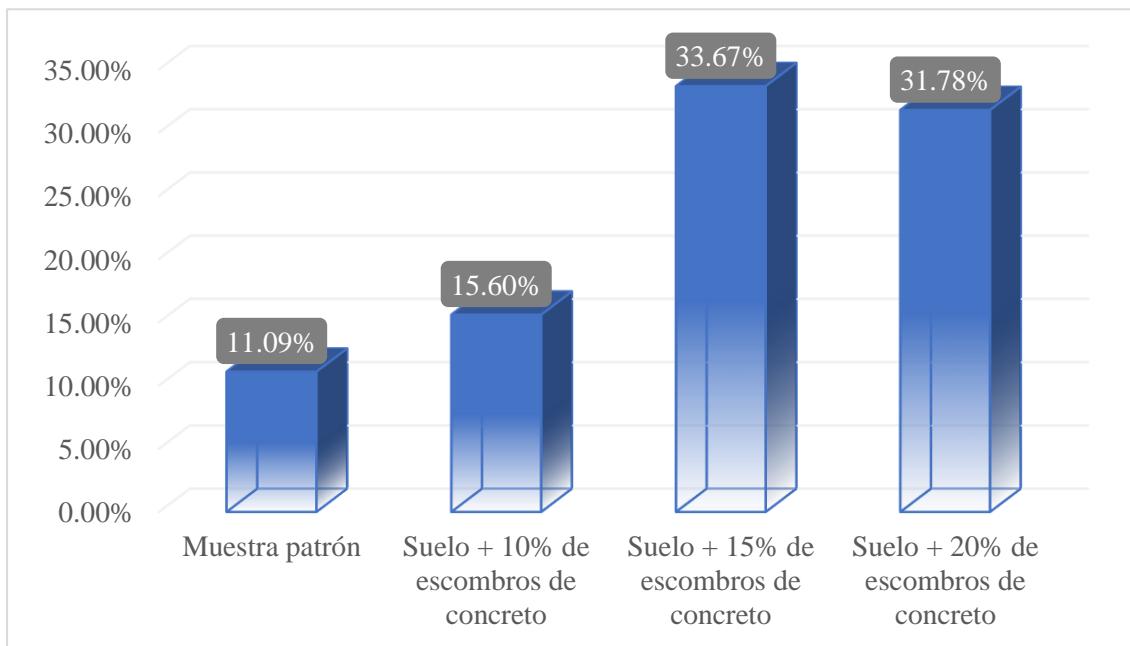


Figura 10.

Calicata N°03: Valor de CBR al 95% de la MDS y 0.2" de penetración



En las Figuras desde las 5 hasta la 10, se observó un incremento constante del valor de CBR al añadir escombros hasta el 15%, alcanzando picos máximos de 30.92%, 33.21% y 27.11% (a 0.1" de penetración) en las calicatas N°01, N°02 y N°03, respectivamente. Sin embargo, al incrementar la dosificación al 20%, se registró una ligera disminución en los valores de CBR en todas las muestras y calicatas respecto al punto óptimo del 15%. Los resultados demostraron que la adición de escombros de concreto mejoró significativamente las propiedades mecánicas de la subrasante. El análisis de estos resultados confirma la hipótesis principal de la investigación donde se observa una mejora sustancial en la capacidad de soporte del suelo con la adición de escombros de concreto, el mayor incremento se registra consistentemente en las mezclas que contienen un 15% de escombros, lo que sugiere que esta proporción representa el punto óptimo para maximizar el Índice de CBR. A pesar de que la adición del 10% también mejoró el valor, la adición del 20% provocó una ligera disminución, lo cual es relevante para la optimización de la mezcla.

4.1.3. *Diseño del Pavimento Flexible*

a. *Diseño De Pavimento Flexible Según ASSHTO 1993*

Diseño de pavimento sin escombros: Ahora para el diseño del pavimento ya se tienen que tener todos los datos necesarios y ya con estos poder aplicar la formula del cálculo del número estructural requerido de 3.318

Tabla 14.

Cálculo de espesores de las capas, con subrasante natural.

CAPA	ESPESOR (cm)
SubBase	25
Base	20
Capa Superficial	7.6

Tabla 15.

Resultados del valor de SNR, con subrasante natural.

CONSTANTE	VALOR	CONDICIÓN
SNR (Requerido)	3.318	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (requerido)
SNR (Resultado)	3.507	SI CUMPLE

Numero estructural tenemos dos valores que muestra el valor resultado y otro requerido, al momento de calcular el resultado tiene que ser mayor al requerido

Diseño de pavimento con escombros: Ahora para el diseño del pavimento ya se tienen que tener todos los datos necesarios y ya con estos poder aplicar la formula del cálculo del número estructural requerido de 2.509.

Tabla 16.

Cálculo de los espesores de las capas con subrasante adicionando escombros de concreto.

CAPA	ESPESOR (cm)
SubBase	20
Base	15
Capa Superficial	5.08

Tabla 17.

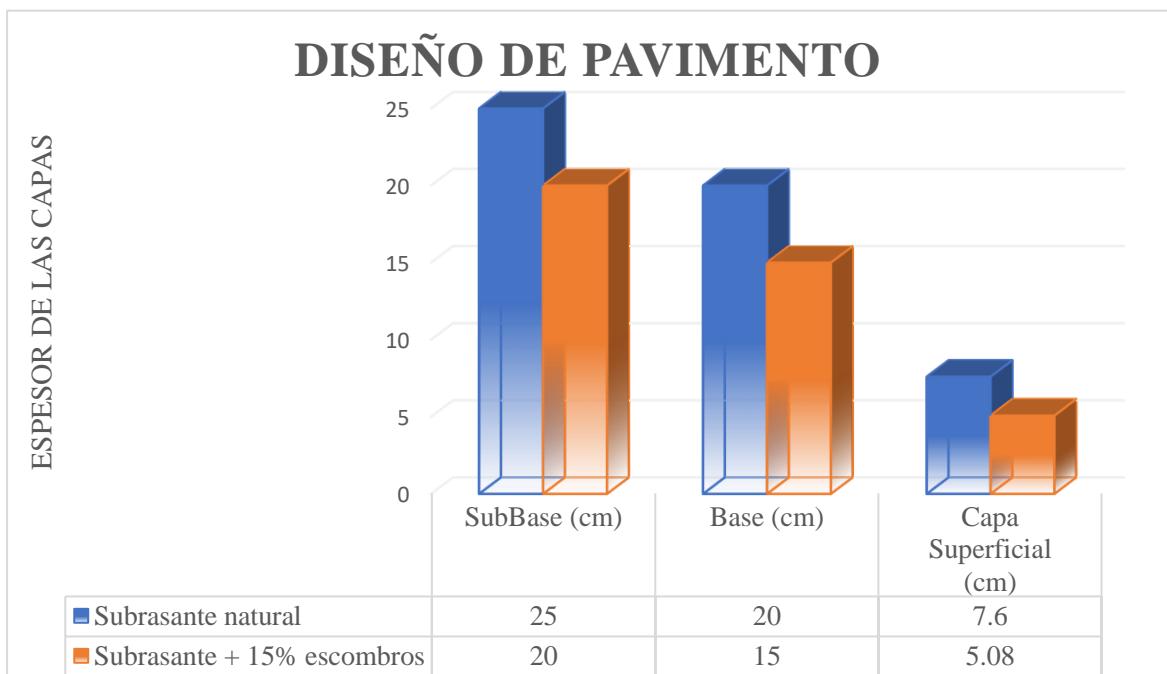
Resultados del valor de SNR, con subrasante adicionando escombros de concreto.

CONSTANTE	VALOR	CONDICIÓN
		Debe cumplir SNR
SNR (Requerido)	2.509	(Resultado) > SNR (requerido)
SNR (Resultado)	2.584	SI CUMPLE

Numero estructural tenemos dos valores que muestra el valor resultado y otro requerido, al momento de calcular el resultado tiene que ser mayor al requerido

Figura 11.

Diseño de Pavimento





En la Figura 11 se compararon los espesores de las capas del pavimento diseñadas sobre una subrasante natural vs una subrasante mejorada con un 15% de escombros. Se observó una reducción generalizada en los espesores de todas las capas estructurales al emplear escombros de concreto, la capa de subbase disminuyó de 25 cm a 20 cm, la base de 20 cm a 15 cm y la carpeta de rodadura se redujo de 7.6 cm a 5.08 cm. La disminución de los espesores evidenció que la incorporación de un 15% de escombros incrementó la capacidad de soporte de la subrasante. Estos resultados indicaron que el uso de escombros de concreto no solo mejora las propiedades mecánicas del suelo de fundación, sino que permite un diseño estructural más eficiente y económico, reduciendo el consumo de agregados naturales y mezcla asfáltica sin comprometer la integridad del pavimento.

b. Estudio De Tráfico. Se realizó un estudio de tráfico en la zona, con la finalidad de obtener el número equivalente de ejes Estándar de 8.2 toneladas (ESAL). Dato que es necesario en el diseño de pavimentos.

Figura 12.

Gráfico de sectores: Tipos de Vehículos

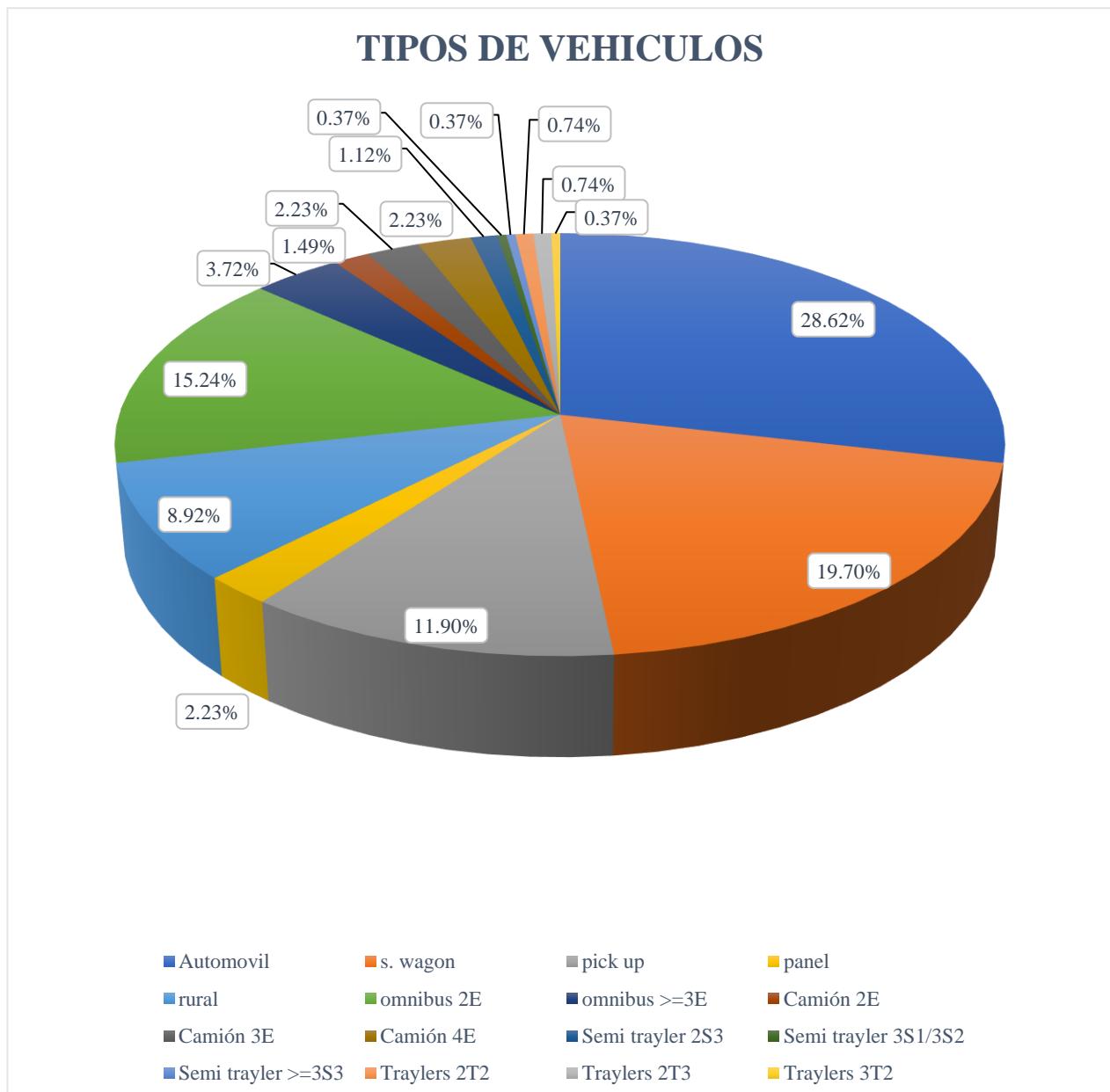
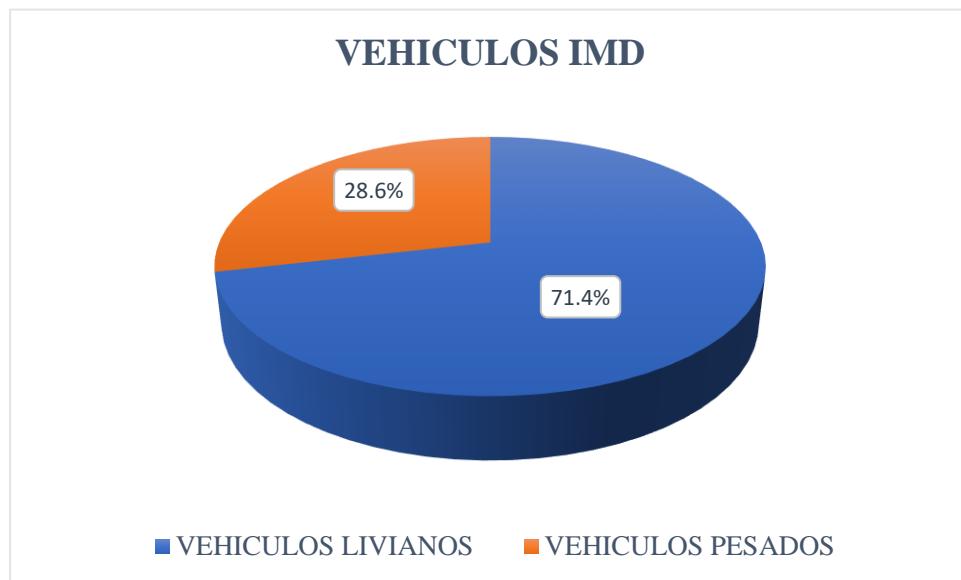


Figura 13.*Gráfico de sectores: Vehículos IMD*

En la figura 12, se determinó la composición del flujo vehicular, identificando que los automóviles representaron la mayor proporción con un 28.62%, seguidos por las camionetas tipo station wagon y pick-up con 19.70% y 11.90%, respectivamente. Asimismo, se registró una presencia significativa de vehículos de transporte de pasajeros y carga pesada, destacando los ómnibus 2E (15.24%) y diversos tipos de unidades articuladas. Al consolidar estos datos en la figura 13, se estableció que el tráfico estuvo compuesto mayoritariamente por vehículos livianos (71.4%), mientras que las unidades pesadas representan el 28.6%.

Los resultados indicaron una predominancia de vehículos livianos, característica de las vías con alta conectividad urbana o interprovincial de pasajeros. No obstante, el 28.6% correspondiente a vehículos pesados representó el factor determinante para el cálculo de los ejes equivalentes (ESAL), impactando directamente en los espesores de diseño obtenidos. La diversidad de camiones y traylers registrados confirmó la necesidad de una estructura de pavimento robusta, validando por qué la mejora de la subrasante con escombros —analizada

anteriormente— resultó efectiva para absorber las solicitudes de carga de este segmento pesado sin requerir espesores excesivos en las capas granulares.

Con los datos obtenidos del estudio de tráfico se calculó los ejes equivalentes ya que con estos datos y los tipos de vehículos que tenemos en el conteo vehicular y luego estos datos se multiplican con el factor de equivalencia calculado con los respectivos tipos de vehículos.

Tabla 18.

Cálculo de numero de ejes equivalentes (ESAL).

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES		
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	1.49%
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehículos pesados $F_{ca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca	23.1009
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		2 calzada, 2 sentidos, 2 carril por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.4
Numero de ejes equivalentes (ESAL)	ESAL	1166114
#EE = 365 * (\sumEE.IMDa) * Fd * Fc * Fca		

Nota. En la tabla podemos apreciar el cálculo de numero de ejes equivalentes (ESAL) con algunos de los datos que se requiere para el diseño y los cuales están en la guía AASHTO 93.

c. Cálculo de espesor de escombros en suelo

El valor del esfuerzo vertical admisible se define con base en los criterios del Manual de Carreteras – Suelos y Pavimentos del MTC y la Guía AASHTO 1993, los cuales establecen

que el diseño del pavimento debe garantizar que las tensiones transmitidas a la subrasante, evaluadas a partir del CBR y del módulo resiliente equivalente, no generen deformaciones permanentes inadmisibles. En ese contexto, para una subrasante seca con CBR = 9.14 %, se adopta un esfuerzo vertical admisible de 150 kN/m².

Según el Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC), la carga máxima legal permitida para un eje Tándem (predominante en el vehículo de diseño 3T2) es 18000 kg. Al distribuir esta carga, se obtiene un peso por eje de 9000kg y una carga por conjunto de ruedas (un lado) de 4500 kg.

Con la masa obtenida se convierte a fuerza, obteniendo una cara puntual de diseño de 44.15kN. Por seguridad y redondeo normativo, se asume una carga de diseño P = 45 kN.

Tabla 19.

Resumen del cálculo de espesor de escombros de concreto en la subrasante.

CONCEPTO	SÍMBOLO	VALOR ASUMIDO	UND	JUSTIFICACIÓN
Magnitud de la Carga	P	45	kN	se asume una carga de diseño P = 45 kN (peso de rueda de un trayler 3T2).
Esfuerzo admisible	$\Delta\sigma_{tol}$	150.00	KPa (kN/m ²)	Tensión máxima tolerable en el suelo subyacente para evitar asentamientos o fallas.
Ubicación	r	0	m	El punto de máxima tensión, directamente debajo de la carga.
Espesor Buscado	$H = Z$	0.40	m	Profundidad a la que se debe mejorar la subrasante

Determinación del espesor mínimo (Z=H)

Para hacer este cálculo se necesita la carga puntual que presenta al eje de un vehículo a la que será forzada el suelo(P) y la tensión máximo tolerada del suelo ($\Delta\sigma_{tol}$) $Z = 0.378\text{ m} \approx 40\text{ cm}$. Con este resultado podemos determinar que el espesor mínimo en el cual se necesita agregar al suelo para soportar la carga que sería de 40 cm.

4.1.4. Análisis De Costos

Se realizo el análisis de costos para el diseño de pavimento sin y con escombros para evaluar los costos que generan cada uno, solo se consideran las partidas en las que los escombros de concreto tienen incidencia. Para los precios se tomó como referencia la revista costos del mes de octubre del 2025 y las cotizaciones solicitadas a diferentes empresas.

Luego de realizar los precios unitarios, se hizo el cálculo de costos que se utilizarían por metro cuadrado en cada uno de los diseños de pavimentos.

Tabla 20.

Pavimento flexible sin adición de escombros en la subrasante

Ítem	Descripción	UND	CANT.	PRECIO	TOTAL
01.01	Pavimento Asfáltico Sin Adición De Escombros				95.82
01.01.01	Conformación Y Compactación A Nivel De Sub-Rasante	m^2	1.00	4.22	4.22
01.01.02	Sub Base Granular E=25cm	m^2	1.00	13.13	13.13
01.01.03	Base Granular E=20cm	m^2	1.00	12.60	12.60
01.01.04	Imprimación Asfáltica	m^2	1.00	5.80	5.80
01.01.05	Carpeta Asfáltica En Caliente E=3"	m^2	1.00	60.07	60.07

Tabla 21.

Pavimento flexible con adición de escombros de concreto en la subrasante.

Ítem	Descripción	UND	CANT.	PRECIO	TOTAL
01.01	Pavimento Asfáltico Adicionando De Escombros				78.55
01.01.01	Mejoramiento A Nivel De Sub-Rasante Con Escombros De Concreto (15%)	m ²	1.00	8.94	8.94
01.01.02	Sub Base Granular E=20cm	m ²	1.00	11.60	11.60
01.01.03	Base Granular E=15cm	m ²	1.00	10.81	10.81
01.01.04	Imprimación Asfáltica	m ²	1.00	5.80	5.80
01.01.05	Carpetá Asfáltica En Caliente E=2"	m ²	1.00	41.40	41.40

Figura 14.

Análisis de Costos



Teniendo los análisis de costos de ambos diseños de pavimentos se sabe que tenemos una viabilidad en el desarrollo del pavimento con escombros con respecto al sin escombros de 18.02%.

4.1.5. *Contrastación de la Hipótesis*

a. **Análisis Estadístico – Anova De Un Factor.** En este caso, se buscó determinar la influencia de la adición de escombros de concreto en el índice de CBR (California Bearing Ratio) de las subrasantes.

Por lo tanto, y dado que se dispondrá de datos para diferentes tratamientos (en este caso, distintos porcentajes de adición de escombros), es apropiado utilizar un Análisis de la Varianza de un Factor (ANOVA). Este método estadístico es ideal para contrastar las medias de una variable continua normal en dos o más grupos.

En tu estudio, el factor es el porcentaje de adición de escombros de concreto, que tendrá varias clases o niveles (0%, 10%, 15% y 20%). La variable numérica a analizar es el índice de CBR obtenido en las muestras de subrasante, las cuales estarán agrupadas según los diferentes porcentajes de escombros utilizados.

Tabla 22.

Datos para el análisis estadístico.

GRUPOS	CALICATA 01	CALICATA 02	CALICATA 03	PROMEDIO
SUELO + 0% ESCOMBROS	10.20%	11.88%	9.14%	10.41%
SUELO + 10% ESCOMBROS	12.69%	15.46%	12.28%	13.48%
SUELO + 15% ESCOMBROS	30.92%	33.21%	27.11%	30.41%
SUELO + 20% ESCOMBROS	23.86%	25.96%	23.80%	24.54%



Por lo tanto, para 12 datos y un nivel de significación de 5% el valor de $W_{(0.95;12)} = 0.859$, como el valor W_c calculado es mayor al valor esperado se concluye que se tiene una confianza de 95% que la variable se distribuye normalmente.

Con un valor calculado de $F=66.199$, se observó que es significativamente más elevado que el valor obtenido “F” de la tabla para un nivel de significancia de 5%. Por lo tanto, se tiene evidencia suficiente para negar la hipótesis nula (H_0), concluyendo que existe por lo menos una diferencia en los índices de CBR de la subrasante.

4.2 Discusiones.

En este estudio se demostró que existe una influencia positiva y significativa de la adición de escombros de concreto en el índice de CBR de la subrasante del suelo en la avenida aviación del pueblo joven de villamaria – Nuevo Chimbote, Este hallazgo validó la hipótesis de la investigación, la cual afirma que, la incorporación de este agregado tuvo un impacto positivo en el índice de CBR de las subrasantes, que condujo a una optimización del diseño del espesor del pavimento y contribuye a la sostenibilidad ambiental, estableciendo una alternativa de ingeniería ambiental sostenible reutilizando residuos de construcción y demolición, lo que conllevó a generar ahorros de costos notables al permitir la optimización del diseño del espesor del pavimento. Al respecto, Dante Jair Perea Huamán (2021) en su Revisión Literaria titulada “USO DEL CONCRETO Y VIDRIO RECICLADO EN LA CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ARCILLOSOS: UNA REVISION LITERARIA” investigó la inclusión de concreto y vidrio reciclado en las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos (un tipo de suelo con problemas de capacidad portante y plasticidad) Concluyó que la dosificación del concreto reciclado produce resultados positivos en la mejora de las propiedades de los suelos arcillosos. El estudio de Perea Huamán también sustenta el objetivo de esta tesis desde una perspectiva ambiental, al concluir que la incorporación de estos residuos sólidos colaboró en la reducción de la contaminación del medio ambiente, promoviendo un desarrollo sostenible en la ingeniería civil. Asimismo, Al-Mosawe, Albayati, Wang y Mashaan (2022) en su artículo titulado “An Experimental Study of Granular Material Using Recycled Concrete Waste for Pavement Roadbed Construction” concluyeron que su usó en la subbase de un pavimento mejora de forma efectiva la capacidad de carga y la rigidez de la estructura. Esta corroboración es fundamental, ya que confirmó la viabilidad del residuo de concreto como material de mejoramiento de subrasantes, aportando evidencia específica del contexto de Nuevo Chimbote. Una diferencia metodológica con la investigación de Al-Mosawe et al. (2022) reside en la consideración de la

resistencia a la compresión de los escombros, si bien los autores mencionaron este factor, la presente investigación optó por no considerarlo, esto se argumenta debido a la dificultad práctica de determinar un valor representativo en un contexto real en la ciudad de Nuevo Chimbote, los escombros provinieron de demoliciones de estructuras variadas y con resistencias desconocidas, por lo tanto, el no considerar la resistencia a la compresión de los escombros resultó más adaptado a la realidad y a la logística de la construcción local. Asimismo, Oviedo y Cárdenas (2021) en su tesis titulada “Evaluación del comportamiento mecánico de una subrasante mejorada con rajón de concreto reciclado, mediante una modelación a escala física y numérica, caso de estudio vías Samarkanda, Funza Cundinamarca” concluyeron que la adición de escombros, al ser un material granular de mayor rigidez contribuyó a incrementar las fuerzas de fricción internas y a mejorar la estructura portante del suelo, sin embargo, existen diferencias notables en la metodología optada, mientras esta investigación se enfocó en el índice de CBR por ser el parámetro estándar de diseño de pavimentos flexibles según la metodología AASHTO 1993, Oviedo y Cardenas (2021) utilizaron el módulo de reacción de la sub rasante (k) obtenido de pruebas de placa a escala y modelación en elementos finitos, si bien el estudio realizado por los autores se centra en la modelación a escala física y numérica (elementos finitos) con el objetivo de obtener el módulo de reacción (k), ambas investigaciones coincidieron en el principio de que el uso de concreto reciclado es un material apto para mejorar la sub rasante y optimizar el diseño de pavimentos. Por otro lado, Escalante y Tito (2021) en su tesis titulada “RECICLADO DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR EN SUBRASANTES DE SUELOS ARCILLOSOS EN CARRETERAS” concluyeron que la aplicación de polvo reciclado en la sub rasante (desde la vía vecinal LO-103 hasta el centro poblado Santo Tomás, Loreto) estabilizó el suelo arcilloso de baja plasticidad lo que generó una optimización en el diseño de pavimentos flexible reduciendo su costo y mejorando sus propiedades físicas y mecánicas. La

optimización en el diseño de pavimento, es decir la reducción de espesores en las capas del pavimento en la presente tesis, es un reflejo de este mismo principio, validando el uso de escombros como alternativa para incrementar el índice de CBR. Asimismo, Quispe Serrano (2021) en su tesis titulada “INFLUENCIA EN EL VALOR DEL CBR DE LA BASE PARA PAVIMENTO FLEXIBLE DE TRÁNSITO LIVIANO CON ADICIÓN DE AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO AL MATERIAL GRANULAR DE LAS CANTERAS CONDEBAMBA Y QUITASOL DE LA CIUDAD DE ABANCAY – APURÍMAC, 2019” concluyó que la adición de ACR al material de la cantera Condebamba incrementó el valor de CBR de manera positiva, además demostró que la adición de ACR disminuyó el índice de plasticidad (IP) e incrementó el equivalente de arena (EA); si bien los valores de CBR obtenidos por Quispe (2021) son más altos que los de esta tesis, ambos estudios confirmaron que el ACR aportó rigidez y capacidad portante al material base al que se añadió, también el incremento de equivalente de arena y la diminución del índice de plasticidad, no solo mejoró la capacidad de soporte, sino que también optimizó las propiedades de durabilidad del agregado y/o suelo, sin embargo, las dosificaciones usadas fueron diferentes y los resultados fueron más elevados en el índice de CBR, lo que demostró la versatilidad de los escombros de concreto debido a que tienen diferentes resistencias, por lo tanto, mientras que Quispe Serrano (2021) validó los escombros de concreto como un material de alto rendimiento para la capa base, esta tesis confirmó como un estabilizador altamente eficiente, económico para la subrasante y además como una alternativa ecológica y sostenible para la región. Por otro lado, Cornejo y Hurtado (2022) en su tesis titulada “Estabilización de subrasante con concreto reciclado y agregado natural, mediante métodos granulométricos, carretera Maras - Moray, Cusco 2021” concluyó que el uso de ACR logra que la subrasante mejorada se clasificó de regular a excelente, esto corroboró que el ACR es una solución universalmente efectiva para elevar suelos medianos a niveles de soporte superiores. Asimismo, Pera Huamán (2021) en su artículo

titulado “USO DEL CONCRETO Y VIDRIO RECICLADO EN LA CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ARCILLOSOS: UNA REVISIÓN LITERARIA” concluyó que el uso de concreto reciclado triturado en los suelos expansivos incrementa el índice de CBR no solo como un enfoque de ingeniería, sino también como una solución sostenible y económica a nivel mundial, lo que concuerda con lo planteado en la hipótesis de esta investigación, la principal diferencia radicó en el suelo en que ha sido utilizado los escombros, mientras que la presente investigación se centra en el suelo arenoso, Perea investigó los suelos arcillosos expansivos, La validez de nuestra tesis no se limitó a la mejora técnica, sino que se enmarcó en la tendencia de sostenibilidad global señalada por Perea Huamán (2021). Por otro lado, More y Reyes (2024) en su tesis titulada “Mejora de suelos arenosos mediante el uso de desechos de concreto reciclado en el PP.JJ. San Pedro, Chimbote, 2024” concluyó que incorporar desechos de concreto reciclado en los suelos de P.P.J.J. San Pedro mejorar sus propiedades, incrementando el índice de CBR, la mejora se consiguió principalmente por corrección granulométrica (las partículas angulares de los escombros se incrustan en el esqueleto arenoso, aumentando la fricción interna y la densidad máxima seca). El estudio demostró concordancia con la hipótesis planteada en esta investigación, sin embargo, el estudio de Moore y Reyes confirmó el excelente desempeño estructural del agregado reciclado en suelos mal graduados, mientras que la presente investigación validó la técnica en suelos con mayores contenidos de finos, demostró adaptabilidad de los escombros de concreto a diferentes suelos. Mientras que Casamayor y Castillo (2023) en su tesis titulada: “Adición del cemento Portland para mejorar el Índice CBR en el Pavimento en H.U.P Unión del Sur, Nuevo Chimbote, 2022” concluyeron que la aplicación de cemento tipo MS en la sub rasante y base de un pavimento incrementó notablemente el índice de CBR optimizó los espesores de cada capa de la estructura del pavimento en el HUP Unión del Sur del distrito de Nuevo Chimbote. La tesis de Casamayor y Castillo demuestra lo efectivo que es estabilizador logrando alcanzar resistencias más altas, sin

embargo, conllevó costos elevados debido a que es un aditivo comercial de alto costo y su producción es una de las principales fuentes de emisiones de CO₂ a nivel mundial, la presente investigación demuestra que la reutilización de los escombros de concreto posee propiedades suficientes para alcanzar una óptima optimización más viable por el tema ecológico y económico en el mismo entorno geográfico (Nuevo Chimbote). Por otro lado, Pérez y Valladares (2023), en su tesis titulada “REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE UN MODELO DE ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESCOMBRERA INTEGRADA CON UNA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RCD EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE” propuso un modelo para la implementación de una planta de valorización de RCD en Chimbote, además demostró la existencia, masividad y problemática de los residuos de construcción de demolición (RCD) en Chimbote – Nuevo Chimbote. La viabilidad técnica y el rendimiento del uso de escombros como material de estabilización de suelos investigado en esta tesis, fue una gran alternativa, se demostró que la infraestructura vial local es adaptable a esta técnica. La principal diferencia entre las investigaciones es el método usado, la presente investigación se basa en el método científico y experimental basado en normativas técnicas, para determinar con precisión un valor número (índice de CBR) mientras que el trabajo de Pérez y Valladares se basó en un modelo de estudio y revisión de datos que justificaron la implementación de una planta. por ello, ambos investigadores Pérez y Valladares (2023) desde la gestión logística y por parte de esta investigación las pruebas de laboratorio ofrecieron una respuesta unificada y concisa de la reutilización de escombros de concreto, estableciendo que la ingeniería civil en nuevo Chimbote puede y debe basarse en la economía circular, donde los escombros locales son un activo que solucionan dos grandes problemas, la contaminación como el de altos costos de la infraestructura vial.

En el presente estudio se determinó el valor de índice de CBR para la subrasante en diferentes calicatas siendo el más crítico 9.14%, mientras que Cornejo Morales y Hurtado Soto

(2022) obtuvieron un valor de 13.21% en el suelo de la subrasante de la carretera Maras - Moray, Cusco. La diferencia radica en la naturaleza geográfica y granulométrica del suelo; la subrasante estudiada en Cusco (13.21%) posee una capacidad portante inicial notablemente mayor que el suelo fino costero (9.14%) de la Av. Aviación en Nuevo Chimbote. Por otro lado, Quispe Serrano (2021) se enfocó en el material de BASE para pavimento flexible en Abancay, Apurímac, y no en la subrasante. La diferencia radica en la capa estructural evaluada (Base vs. Subrasante) y el tipo de material, siendo la Base un material granular de cantera con una calidad intrínseca significativamente más alta (CBR requerido $\geq 80\%$) que el suelo natural de la subrasante (9.14%). Por otro lado, Moore Sarmiento y Reyes Aponte (2024) obtuvieron un valor de hasta 10.12% en el suelo natural de la subrasante del PP.JJ. San Pedro, Chimbote. La diferencia radica en que el suelo natural de San Pedro 10.12% se clasificó como un suelo arenoso (SP) con una capacidad portante inicial ligeramente superior a la subrasante más crítica de Villa María 9.14%, lo que demuestra la variabilidad granulométrica de los suelos de fundación dentro de la conurbación Chimbote-Nuevo Chimbote.

En el presente estudio se determinó que la adición del 15% de escombros de concreto en la subrasante incrementa el índice de CBR en la subrasante, partiendo desde un 9.14% a 27.11% en el caso más crítico, siendo el 15% el porcentaje óptimo. Mientras que Oviedo Pineda y Cárdenas Ramírez (2021) obtuvieron un valor de índice de CBR de 24% al mejorar la subrasante con rajón de concreto reciclado en Funza, Cundinamarca, Colombia. La diferencia radica en que su valor final 24% es ligeramente menor al de este estudio 27.11%, a pesar de que ambos se enfocan en la subrasante, debido a que ellos utilizaron rajón (partículas de mayor tamaño) de concreto reciclado en un suelo limo-arcilloso (A-7-5), que es un material más cohesivo y con características geotécnicas muy diferentes al suelo de la Av. Aviación. La similitud en el alto rendimiento demuestra la eficacia global del escombro de concreto como estabilizador, ya sea para suelos arenosos finos locales o para suelos cohesivos internacionales.

Por otro lado, Dante Jair Perea Huamán (2021) concluyó, tras una revisión literaria sistemática, que la adición de 15% de concreto reciclado es el porcentaje más eficiente para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos. La diferencia radica en que su estudio fue una revisión bibliográfica y no un ensayo experimental de CBR, pero la coincidencia con el 15% como porcentaje óptimo es notable. Esta coincidencia sugiere que el 15% de adición es un umbral de rendimiento óptimo para el concreto reciclado, independientemente del tipo de suelo problemático (arcillosos revisados por Perea o la subrasante costera de Villa María). Asimismo, Hasan Al-Mosawe et al. (2022) se centraron en la evaluación de agregados de concreto reciclado (RCA) para la construcción de subbase de pavimento. La diferencia radica en que su enfoque fue una capa estructural superior (subbase) que requiere un CBR naturalmente mucho más alto que la subrasante (9.14%). Su investigación valida que el concreto reciclado puede ser utilizado exitosamente como un material de capa estructural de alto rendimiento en países como Irak, lo que refuerza la aplicabilidad de los escombros de concreto de Chimbote en todas las capas de la estructura de pavimento. Por otro lado, Escalante Jihuallanca y Tito Sanchez (2021) reportaron que la adición de 15% de concreto reciclado es la dosificación óptima para el mejoramiento del CBR en suelos arcillosos en carreteras, con un incremento de la capacidad portante hasta el 18.81%. La diferencia radica en la naturaleza del suelo estabilizado y el CBR final alcanzado: si bien ambos estudios coinciden en el 15% como porcentaje óptimo de adición, la subrasante de la Av. Aviación (suelo costero) logra un CBR mucho más alto 27.11% que el suelo arcilloso 18.8% de su estudio. Esto se debe a que el concreto reciclado tiene una mayor eficacia en la corrección de la granulometría de un suelo fino-arenoso, que en la corrección de las propiedades plásticas de un suelo arcilloso. Asimismo, Cornejo Morales y Hurtado Soto (2022) obtuvieron un valor de índice de CBR de 26.31% al utilizar una mezcla de concreto reciclado 40% con agregado natural en la subrasante de la carretera Maras - Moray, Cusco. La diferencia radica en que su dosificación fue mucho mayor 40% vs. 15% óptimo),

logrando un CBR final muy similar al de este estudio (27.11% vs. 26.31%), pero a un costo de material reciclado más elevado. La similitud en el CBR final demuestra que, si bien una mayor adición de concreto reciclado permite alcanzar valores altos, el 15% es la dosificación más eficiente y económica para la subrasante de la Av. Aviación, obteniendo un rendimiento casi idéntico. Por otro lado, Asimismo, Quispe Serrano (2021) determinó que la adición de 10% de agregado de concreto reciclado (ACR) incrementa el CBR del material granular de BASE a un valor de 104.57%. La diferencia radica en que su estudio se enfocó en el material de la BASE y no en la subrasante. El valor final 104.57% es intrínsecamente superior al CBR alcanzado en la subrasante 27.11% debido a que el material de base es un agregado de cantera de alta calidad (CBR de control aproximado 34%) y no un suelo de fundación. La coincidencia del rango óptimo (cercano al 10-15%) en la adición confirma la eficiencia general de la dosificación baja de escombros de concreto para mejorar las propiedades geotécnicas en cualquier capa estructural del pavimento. Asimismo, Moore Sarmiento y Reyes Aponte (2024) obtuvieron un valor de índice de CBR máximo de 41.7% al adicionar 10% de desechos de concreto reciclado en la subrasante de un suelo arenoso (SP) en Chimbote. La diferencia radica en la naturaleza granulométrica del suelo inicial: el suelo de San Pedro era una arena mal graduada con un CBR de control de 16.4%, un valor significativamente mayor que el suelo de la Av. Aviación (9.14%). El suelo arenoso es estructuralmente más fácil de corregir a través de la adición de partículas angulares como el concreto reciclado, lo que permite alcanzar una capacidad portante final mucho mayor (41.7%) con una dosificación menor (10% vs 15% óptimo de esta investigación), esto valida que la eficacia del escombro es dependiente del tipo de suelo fino local.

En esta tesis se obtuvo que el espesor de la carpeta asfáltica se disminuyó en 2.54 cm y hubo una optimización en los espesores de la base y sub- base de 5 cm en ambos casos para un diseño de pavimento flexible de una etapa de 20 años. Los autores (Escalante Jihuallanca &

Tito Sanchez, 2021) en su tesis titulada “RECICLADO DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR EN SUBRASANTES DE SUELOS ARCILLOSOS EN CARRETERAS”, ellos concretaron su estudio con unas optimizaciones en los espesores de su carpeta asfáltica, base y sub- base de 10, 15 y 15 cm respectivamente para un diseño de pavimento flexible de una etapa de 20 años. Y no están de acuerdo, aunque en ambos estudios hubo una optimización en el diseño y se redujeron los espesores en algunas capas, sin embargo, la diferencia en la reducción de estos espesores es distintas por el diferente suelo que se trabajó en cada estudio y por el porcentaje que agrego cada uno de escombros. Los autores (Casamayor Espinoza & Castillo Cango, 2022) en su tesis titulada “ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PARA MEJORAR EL ÍNDICE CBR EN EL PAVIMENTO EN H.U.P UNIÓN DEL SUR, NUEVO CHIMBOTE, 2022”, ellos concluyeron se adiciono 3% en la capa base y optimizaron hasta en un 50% en el espesor de la estructura del pavimento flexible. Y ellos están de acuerdo porque a diferencia de esta investigación ellos agregaron el cemento portland en la base y sub- base y en este trabajo se agregó directamente al terreno natural, pero de igual manera en ambos estudios se obtuvo optimización en los diseños de pavimentos flexible. Y también los autores (Al-Mosawe, Albayati, Wang, & S. Mashaan, 2022) en su artículo titulado “AN EXPERIMENTAL STUDY OF GRANULAR MATERIAL USING RECYCLED CONCRETE WASTE FOR PAVEMENT ROADBED CONSTRUCTION”, ellos concluyeron que el óptimo al reemplazar el 75% por RCA grueso, 50% RCA fino o un 100% de RCA extra fino por lo que ellos a diferencia este trabajo de agregar los escombros a la sub rasante agregaron a las otras capas por eso es que existe diferencia en los resultados aunque en ambos vemos que mejora las propiedades de los suelos.

La presente investigación demuestra una convergencia técnica y económica con el modelo de gestión propuesto por Pérez Goycochea (2023) en su investigación titulada: “REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE UN MODELO DE ESTUDIO



PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESCOMBRERA INTEGRADA CON UNA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RCD EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”, quien estableció la viabilidad financiera de una planta de valorización de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Chimbote aunque en este trabajo no se especifica su análisis de costo ellos concluyeron que es viable lo cual están en acuerdo con esta investigación ya que en nuestro análisis de costos se demostró una reducción de costos del 18.02%, con adición de escombros con respecto al que no adiciona escombros, con lo cual es viable hacer este proyecto, en la avenida Aviación – Villamaría, Nuevo Chimbote.



CAPÍTULO V:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se concluye que la adición de escombros de concreto en la subrasante de pavimentos influyó significativa y positivamente en el índice de CBR, lo que conlleva un mejoramiento notable en las propiedades del suelo en la ciudad de Nuevo Chimbote. Determinando a través de ensayos que la adición del 15% de escombros de concreto es el porcentaje óptimo para el mejoramiento. Se obtuvo una optimización a nivel estructural y una alternativa sostenible para la gestión de Residuos.
- Se determinó el valor del índice de CBR del suelo de la subrasante sin adición de escombros de concreto en la Av. Aviación (muestra patrón) en la calicata 01 tiene un valor de 10.20%, calicata 02 un valor 11.88% y la calicata 03 un valor de 9.14%. por lo que, los valores del índice de CBR clasifica al suelo como una subrasante de calidad regular a buena, pero con un potencial de mejora necesario para reducir los espesores de las capas de pavimento y aumentar la vida útil de la estructura.
- Se determinó el índice de CBR del suelo de la subrasante adicionando los porcentajes de 10%, 15% y 20% de escombros de concreto, concluyendo que el porcentaje de adición de 15% demostró ser el más efectivo, alcanzando un valor promedio de 30.41% (obtenido de 30.92%, 33.21% y 27.11%), lo que representa un incremento promedio del 192% respecto al suelo patrón por lo que, este valor ubica a la subrasante mejorada en la categoría de excelente. Las adiciones de 10% y 20% también mejoraron el CBR, obteniendo un promedio de 13.48% y 24.54% respectivamente. Sin embargo, el 15% maximiza el valor del índice de CBR, siendo el porcentaje recomendado para el diseño.
- Se realizó el diseño de pavimentos en ambas situaciones, el pavimento sin escombros se obtuvo 3" de carpeta asfáltica, 20 cm de base y 25 cm de sub base y el diseño de pavimento con adición de 15% de escombros se obtuvo 2" de carpeta asfáltica, 15 cm de base y 20 cm de sub base, el espesor de la capa de carpeta asfáltica se redujo en 1"



y la base se redujo en 5 cm y de igual manera la sub base se redujo en 5 cm.

Concluyendo que el diseño del pavimento se optimizó de manera significativa, lo que resultó en la reducción del espesor de la estructura del pavimento.

- Se realizó el análisis de costos en ambas situaciones, obteniendo una reducción de costos de 18.02% por metro cuadrado al utilizar el material reciclado (escombros de concreto). Concluyendo que la implementación de escombros de concreto en la subrasante no solo es una solución ambientalmente sostenible para la gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), sino que también es una estrategia económicamente ventajosa que genera ahorros en los costos directos de construcción de pavimentos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar escombros de concreto para el mejoramiento de subrasantes en proyectos de pavimentación flexible en Nuevo Chimbote y zonas con características de suelo similares y establecer un riguroso control de calidad en el procesamiento de los escombros de concreto, asegurando que el material reciclado cumpla con la granulometría y limpieza requeridas para evitar la presencia de contaminantes (plástico, madera, yeso) que puedan afectar las propiedades de la subrasante. Además, impulsar la creación de una planta de procesamiento y reciclaje de RCD en la ciudad para asegurar el suministro constante y estandarizado de escombros de concreto triturado, formalizando la gestión de este residuo voluminoso.
- Se recomienda para futuros proyectos, aumentar el número de calicatas y puntos de ensayo en la Av. Aviación y zonas aledañas. Esto asegurará una mayor representatividad estadística en el valor del índice de CBR.
- Se recomienda utilizar la dosificación del 15% de escombros de concreto en futuros proyectos de pavimentación flexible en Nuevo Chimbote, debido a que esta dosificación demostró ser el punto óptimo para maximizar el índice de CBR, logrando la mayor eficiencia estructural y contribuyendo simultáneamente a la gestión sostenible de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). También recalcar que la granulometría de los escombros de concreto debe ser bien gradada (variada), conteniendo un rango completo de tamaños, desde finos hasta gruesos. El Tamaño Máximo Nominal no debe ser superior a los dos tercios del espesor total de la capa de mejoramiento a construir (MTC).
- Se recomienda adoptar el diseño de pavimento flexible que incorpora la subrasante mejorada con el porcentaje óptimo de escombros de concreto (15% según el estudio) a una profundidad de 40 cm con respecto a la subrasante del pavimento en la avenida



aviación, Nuevo Chimbote. Además, se recomienda ampliar las investigaciones para evaluar el impacto de la subrasante mejorada con escombros de concreto en el diseño y construcción de pavimentos rígidos (losas de concreto) y pavimentos semirrígidos.

- Se recomienda priorizar la inclusión de escombros de concreto como material de mejoramiento en la subrasante para futuros proyectos de pavimentación en la ciudad de Nuevo Chimbote y áreas con disponibilidad similar de residuos, debido a su probada ventaja económica, también al realizar cualquier análisis de costos y presupuestos, se realice una investigación exhaustiva y constante de los precios de mercado, utilizando cotizaciones y referencias actualizadas



CAPÍTULO VI:

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS Y

VIRTUALES



Al-Mosawe, H., Albayati, A., Wang, Y., & S. Mashaan, N. (8 de Noviembre de 2022). An Experimental Study of Granular Material Using Recycled. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/buildings12111926>

Abdel-Shafy, & Mansour, M. (2018). Solid Waste Issue: Sources, Composition, Disposal, Recycling, and Valorization. Egyptian Journal of Petroleum. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>

AConstructoras. (Marzo de 2021). *Estructura de pavimento flexible [Fotografía]*. Obtenido de <https://www.aconstructoras.com/>

Ansari, M., & Ehrampoush, M. (30 de Octubre de 2018). Quantitative and qualitative analysis of construction and demolition waste in Yazd city, Iran. Iran. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.141>

Bedoya Montoya, C., & Gutiérrez Flórez, J. (2022). *Del Residuo al Material “De Los Escombros al Concreto Reciclado”*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Obtenido de <http://www.ijlrhss.com/paper/volume-5-issue-11/24-HSS-1587.pdf>

Beltran, A. (2 de Noviembre de 2020). *ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS [Fotografía]*. Obtenido de DOS Arquitectura y Construcción: <https://www.dosarquitectura.com>

Carbajal Milla, R. R., & Lorenzo Chávez, P. A. (2021). Optimización del espesor de pavimento utilizando emulsión asfáltica para estabilizar la subrasante, Centro Poblado San Luis. Santa, Ancash, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4287>

Casamayor Espinoza, E., & Castillo Cango, K. (3 de Agosto de 2022). Adición del cemento Portland para mejorar el Índice CBR en el Pavimento en H.U.P Unión del Sur, Nuevo



Chimbote, 2022. Nuevo Chimbote, Santa. Obtenido de

<https://hdl.handle.net/20.500.14278/4373>

Chacón Silva, P. C., & Chávez Melo, Z. B. (22 de 02 de 2023). Nuevo Chimbote, Ancash, Perú

. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4219>

Chunga Merino, M. K. (2022). Mejoramiento de la subrasante agregando aceite reciclado de

vehículos en el sector Los Álamos. Nuevo Chimbote, Ancash, Perú. Obtenido de

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/114458>

Cornejo Morales , J. M., & Hurtado Soto, M. A. (2022). Estabilización de subrasante con

concreto reciclado y agregado natural, mediante métodos granulométricos, carretera

Maras - Moray, Cusco 2021. Cusco, Perú.

Das, B. M. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica Cuarta Edición*.

De Brito, J., Agrela, F., & Vasco, R. (2019). New trends in Eco-efficient and Recycled

Concrete. doi:<https://doi.org/10.1016/C2017-0-01898-0>

Delgado Larrea, J., Valle Benítez, A., & Delgado Menoscal, S. (2021). *Plan de mejora del*

estudio de gestión integral residuos sólidos de construcción Banco del Pacífico.

Ecuador. doi:10.23857

Escalante Jihuallanca, J., & Tito Sanchez, N. (2021). RECICLADO DE CONCRETO

HIDRAULICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR EN SUBRASANTES DE

SUELOS ARCILLOSOS EN CARRETERAS. Lima, Perú.

Gálvez Martos, J., Styles, D., Schoenberger, H., & Zeschmar - Lahl, B. (1 de Mayo de 2018).

Construction and demolition waste best management practice in Europe.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.016>



Guia Yucra, M. J. (2021). Mejoramiento de subrasante mediante la adición de Ceniza de Quinua en la carretera PE-38B. Chucuito, Puno, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63841>

Herrera Quispe, M. (2022). *Residuos de la construcción y demolición en el litoral marino de Lima Metropolitana (Perú): recomendaciones para su adecuada gestión*. Universidad Científica del Sur, Lima Metropolitana. doi: <https://doi.org/10.21142/SS-0301-2022-e046>

Introducción a la Ecología. (19 de Agosto de 2010). Obtenido de <http://efir19.blogspot.com/2010/08/llanura-sujetas-inundacion.html>

Juárez Badillo, & Rico Rodríguez. (1995). *Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos y de la ingeniería de cimentaciones tercera edición*.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (20 de Septiembre de 2018). *What a Waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington DC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10986/30317>

Mamani Barriga, L., & Yataco Quispe , A. J. (2017). Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-andina-nestor-caceres-velasquez/diseno-de-pavimentos/mamani-yataco-apuntes-1/22236339>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (Julio de 2014). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS - SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS*. Lima, Perú: Servicios Gráficos Squadrito EIRL. Obtenido de www.mtc.gob.pe



Moore Sarmiento, E., & Reyes Aponte, F. (2024). "Mejora de suelos arenosos mediante el uso de desechos de concreto reciclado en el PP.JJ. San Pedro, Chimbote, 2024". CHIMBOTE, PERÚ.

Mukherjee S, & Ghosh P. (2021). Soil Behavior and Characterization: Effect of Improvement in CBR Characteristics of Soil Subgrade on Design of Bituminous Pavements. India. doi:10.1007/s40098-021-00533-8

Municipalidad Distrital de Nuevo Chimbote. (2023). *Resolución de gerencia municipal N° 0639-2023-MDNCH-GM*. Ancash, Nuevo Chimbote.

Murillo Alva, J. (2023). *Evaluación de los residuos sólidos generados por las construcciones en la urbanización Paseo del Mar, Nuevo Chimbote – 2019*. Nuevo Chimbote, Perú.

Obtenido de
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58440/B_Murillo_AJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Oviedo Pineda , F., & Cárdenas Ramírez, J. (5 de Mayo de 2021). Evaluación del comportamiento del comportamiento mecánico de una subbase o mecánico de una subrasante. Bogotá, Colombia.

Parra, M. (2018). Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Obtenido de
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22856>

Perea Huamán, D. (02 de Noviembre de 2021). "USO DEL CONCRETO Y VIDRIO RECICLADO EN LA CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ARCILLOSOS: UNA REVISIÓN LITERARIA". Colombia. doi:10.47864/SE(51)2021p119-132_131

Perez Goycochea, R., & Valladares Guillen, C. (01 de Noviembre de 2023). "REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE UN MODELO DE ESTUDIO PARA LA



IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESCOMBRERA INTEGRADA CON UNA PLANTA
DE VALORIZACIÓN DE RCD EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE". Lima, Perú.

Quispe Serrano, F. J. (2021). INFLUENCIA EN EL VALOR DEL CBR DE LA BASE PARA
PAVIMENTO FLEXIBLE DE TRÁNSITO LIVIANO CON ADICIÓN DE
AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO AL MATERIAL GRANULAR DE LAS
CANTERAS CONDEBAMBA Y QUITASOL DE LA CIUDAD DE ABANCAY –
APURÍMAC, 2019. Abancay, Apurímac, Perú.

Rojas Trigozo, G. (2020). *Gestión de residuos de construcción y demolición en la arquitectura sostenible, Nuevo Chimbote 2019*” - “*Planta integral de tratamiento de Rcd, Nuevo Chimbote*. Nuevo Chimbote, Santa, Perú.

Sánchez Inocencio, A. (13 de Abril de 2016). *Composición de los RCD [Gráfico]*. Obtenido de
angelsinocencio: <https://angelsinocencio.com/rcd-residuos-de-construccion-y-demolicion/>

SOLAC. (30 de Septiembre de 2020). *Residuos de Construcción Soluciones Ambientales del Caribe [Fotografía]*. Obtenido de SOLAC: <https://www.solac.com.co/portfolio-item/residuos-de-construccion-y-demolicion/>

Sormunen, P., & Kärki, T. (Marzo de 2019). Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. doi:10.1016/j.jobe.2019.100742

Tapia Jaime, X. (2023). *Resultados de la Gestión de Residuos Sólidos 2021-2022 en el marco de las competencias del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Informe, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima Metropolitana. Obtenido de

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4339612/Informe.pdf?v=1680104861>



The World Bank. (26 de JUNIO de 2023). *World Bank Org.* Obtenido de

<https://www.worldbank.org/en/results/2023/06/26/from-raw-material-to-waste-and-back-integrating-circular-economy-principles-in-croatia-s-construction-waste-management>

Torres Atalaya, M. (2021). Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021. LIMA, CALLAO, PERÚ.

Yachachi Elguera, A., Segovia Luna Victoria, G., Orosco Chiclla, N., & Iannacone, J. (2022). Impacto de los residuos de construcción y demolición en la zona de reglamentación especial de los pantanos de Villa de Lima, Perú. *PAIDEIA XXI*, 263-276. doi:10.31381/paideiaxxi.v12i2.5033



CAPÍTULO VII: Anexos



7.1 Anexo N°01: Matriz De Consistencia

Tabla 23.

Matriz de consistencia.

TITULO	PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
	¿Cómo influye la adición de porcentajes de escombros de concreto en la subrasante en pavimentos de Nuevo Chimbote?	Evaluar la influencia del índice de CBR en subrasantes de pavimentos adicionando porcentajes de escombros de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote.		
	¿Cuál es el índice de CBR del suelo de la subrasante en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote?	Determinar el índice de CBR del suelo de la subrasante en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote.		INDEPENDIENTE: Escombros de concreto
Influencia del índice de CBR en subrasantes adicionando porcentajes de escombros de concreto en pavimentos, Nuevo Chimbote-Perú	¿Cuál es el índice de CBR del suelo de la subrasante cuando adicionamos porcentajes de 10%, 15% y 20% de escombros de concreto en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote?	Determinar el índice de CBR del suelo de la subrasante en la Av. Aviación del pueblo joven Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote adicionando porcentajes de 10%, 15% y 20% de escombros de concreto.	La adición de agregado proveniente de escombros de concreto influye de manera positiva en el índice de CBR de subrasantes en pavimentos de Nuevo Chimbote	
	¿Cuál será el diseño del pavimento, según los parámetros del método AASHTO 1993, en base a la subrasante mejorada y sin mejorar?	Realizar el diseño de un pavimento flexible según AASHTO 1993 con la subrasante mejorada y sin mejorar para determinar su optimización.		DEPENDIENTE: Índice de CBR en subrasantes de pavimentos.
	¿Es viable económicamente realizar el mejoramiento de subrasantes en pavimentos con porcentajes de escombros de concreto?	Realizar el análisis de costos del mejoramiento de subrasantes en pavimentos con porcentajes de escombros de concreto para determinar su viabilidad económica.		



7.2 Anexo N°02: Matriz De Operacionalización De Variables

Tabla 24.

Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	NOMBRE DE LAS VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTAS	MÉTODOS	ESCALA
INDEPENDIENTE	Escombros de concreto	Es el material de residuo extraído de actividades de remodelación, construcción y demolición.	Se evaluará la estabilización a través de ensayar la subrasante con adición de porcentajes de escombros de concreto para analizar la influencia en la capacidad portante.	Propiedades físicas	Peso de los escombros de concreto	Ficha Técnica de resultados de laboratorio	Medición directa y observación	Ordinal
					Proporcionalidad de los escombros de concreto	Ficha Técnica de resultados de laboratorio	Medición directa y observación	Ordinal
DEPENDIENTE	Índice de CBR en subrasantes de pavimentos.	Es un valor obtenido del ensayo CBR utilizado para determinar la calidad relativa de la subrasante en base a su resistencia mecánica.	Se determinará el óptimo índice de CBR en la subrasante mediante la comparación de los resultados de los ensayos de laboratorio.	Ensayo Proctor Modificado	Máxima densidad seca	Ficha Técnica de resultados de laboratorio con referencia (MTC – Manual de Ensayo de materiales)	Ensayo de laboratorio Proctor	Ordinal
					Optimo contenido de humedad	Ficha Técnica de resultados de laboratorio con referencia (MTC – Manual de Ensayo de materiales)	Ensayo de laboratorio Proctor	Ordinal
					Capacidad portante del suelo	Índice de CBR	Ficha Técnica de resultados de laboratorio con referencia (MTC – Manual de Ensayo de materiales)	Ensayo de laboratorio CBR

7.3 Anexo N°03: Prueba de Normalidad

Para llevar a cabo un análisis ANOVA de un factor es necesario realizar la prueba de normalidad, por ello, para este caso se realizó la prueba de Shapiro – Wilks debido que la cantidad de mis datos es menor a 50, A demás, se tendrá un nivel de confianza de 95%.

Se obtiene los valores de la variable a_i con una cantidad de 12 datos de la siguiente tabla, donde se muestran los coeficientes de Shapiro - Wilks:

Tabla 25.

Coeficientes para prueba de normalidad de Shapiro – Wilks.

n/i	1	2	3	4	5	6	7
2	0.7071						
3	0.7071	0.0000					
4	0.6872	0.1677					
5	0.6646	0.2413	0.0000				
6	0.63431	0.2806	0.0875				
7	0.6233	0.3031	0.1401	0.0000			
8	0.6052	0.3164	0.1743	0.0561			
9	0.5888	0.3244	0.1976	0.0947	0.0000		
10	0.5739	0.3291	0.2141	0.1224	0.0399		
11	0.5601	0.3315	0.2260	0.1429	0.0695	0.0000	
12	0.5475	0.3325	0.2347	0.1586	0.0922	0.0303	
13	0.5359	0.3325	0.2412	0.1707	0.1099	0.0539	0.0000

Se calculó el estadístico de prueba: en la Columna de la tabla se enumeró todos los valores de la variable estudiada (Valor del CRB 1, 2, 3, ..., n), en la segunda columna se ordenó los valores de la variable en forma ascendente X_i , en la tercera columna se ordenó los valores de la variable en forma descendente $X_{(n-i+1)}$, en la cuarta Columna se colocó los valores de la variables a_i para $n=12$, la quinta columna se realizó el calculó de la diferencia entre $[X_{(n-i+1)} - X_i]$ y se multiplicó por el coeficiente a_i y en la última columna se calculó el término $[X_i - \bar{X}]^2$.

Tabla 26.

Resumen de cálculos realizados para la prueba de normalidad.

i	X_i	$X_{(n-i+1)}$	a_i	$a_i[X_{(n-i+1)} - X_i]$	$[X_i - \bar{X}]^2$
1	9.14	33.21	0.5475	13.178	111.707
2	10.2	30.92	0.3325	6.889	90.424
3	11.88	27.11	0.2347	3.574	61.296
4	12.28	25.96	0.1586	2.170	55.193
5	12.69	23.86	0.0922	1.030	49.269
6	15.46	23.8	0.0303	0.253	18.055
7	23.8	15.46		0.000	16.735
8	23.86	12.69		0.000	17.229
9	25.96	12.28		0.000	39.073
10	27.11	11.88		0.000	54.772
11	30.92	10.2		0.000	125.683
12	33.21	9.14		0.000	182.273
TOTAL				27.094	821.709

Se calculó el valor estadístico de la prueba W_c dividiendo el cuadrado del total de la quinta columna, entre el total de la última columna:

$$w = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i [X_{(n-i+1)} - X_i])^2}{\sum_{i=1}^n [X_i - \bar{X}]^2}$$



$$w = \frac{27.094}{821.709}$$

$$w = 0.8934$$

Para el valor $W_{(0.95;12)}$ se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 27.

Valores para $W_{(x1; x2)}$.

n	0.01	0.02	0.05	0.1
3	0.753	0.756	0.767	0.789
4	0.687	0.707	0.748	0.792
5	0.686	0.715	0.762	0.806
6	0.713	0.743	0.788	0.826
7	0.730	0.760	0.803	0.838
8	0.749	0.778	0.818	0.851
9	0.764	0.791	0.829	0.859
10	0.781	0.806	0.842	0.869
11	0.792	0.817	0.850	0.876
12	0.805	0.828	0.859	0.883
13	0.814	0.837	0.866	0.889
14	0.825	0.846	0.874	0.895

7.4 Anexo N°04: Cálculo Del Valor F de Fisher

- Cálculo del promedio de cada grupo

$$\text{Media de grupo muestra patrón: } \frac{10.20\% + 11.88\% + 9.14\%}{3} = 10.4067\%$$

$$\text{Media de grupo suelo + 10%escombros: } \frac{12.69\% + 15.46\% + 12.28\%}{3} = 13.4767\%$$

$$\text{Media de grupo suelo + 15%escombros: } \frac{30.92\% + 33.21\% + 27.11\%}{3} = 30.4133\%$$

$$\text{Media de grupo suelo + 20%escombros: } \frac{23.86\% + 25.96\% + 23.80\%}{3} = 25.54\%$$

- Cálculo de Media general (MG):

$$MG = \frac{10.20 + 11.88 + 9.14 + 12.69 + 15.46 + 12.28 + \dots + 23.80}{12}$$

$$MG = 19.7092\%$$

- Cálculo de la sumatoria de los cuadrados entre los grupos (SSB)

$$SSB = n \times \sum (media \ del \ grupo - media \ general)^2$$

$$\text{Suelo muestra patrón: } (10.4067 - 19.7092)^2 = 86.5365\%$$

$$\text{Suelo + 10% Escombros: } (13.4767 - 19.7092)^2 = 38.8440\%$$

$$\text{Suelo + 15% Escombros: } (30.4133 - 19.7092)^2 = 114.5778\%$$

$$\text{Suelo + 20% Escombros: } (25.54 - 19.7092)^2 = 33.9982\%$$

$$SSB = 3 \times 263.2967$$

$$SSB = 789.890\%$$

- Cálculo de la sumatoria de los cuadrados dentro de los grupos (SSW)

$$SSW = \sum (Valor \ individual - media \ del \ grupo)^2$$



Suelo muestra patrón:

$$(10.20 - 10.4067)^2 + (11.88 - 10.4067)^2 + (9.14 - 10.4067)^2 = 3.8179\%$$

Suelo + 10% Escombros:

$$(12.69 - 13.4767)^2 + (15.46 - 13.4767)^2 + (12.28 - 13.4767)^2 = 5.9845\%$$

Suelo + 15% Escombros:

$$(30.92 - 30.4133)^2 + (33.21 - 30.4133)^2 + (27.11 - 30.4133)^2 = 18.9901\%$$

Suelo + 20% Escombros:

$$(23.86 - 25.54)^2 + (25.96 - 25.54)^2 + (23.80 - 25.54)^2 = 3.0264\%$$

$$SSW = 31.8188$$

- Cálculo de grados de libertad (df)

Entre los grupos (dfB): $g-1 = 4-1 = 3$

Dentro los grupos (dfW): $N-g = 12-4 = 8$

- Cálculo de la media de los cuadrados MSB y MSW

$$MSB = \frac{789.890}{3} = 263.2967\%$$

$$MSW = \frac{31.8188}{8} = 3.9774\%$$

- Cálculo del valor “F” de Fisher

$$F = \frac{MSB}{MSW} = \frac{263.2967\%}{3.9774\%} = 66.199$$

El valor $F_{(0.05;8;3)}$ se obtiene de la siguiente tabla, para compararlo con el valor F calculado:

Tabla 28.

Valores de la F de Fisher.

x1/x2	1	2	3	4	5
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39
7	5.99	4.74	4.35	4.12	3.97
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33

7.5 Anexo N°05: Cálculo Del Valor F de Fisher

- Cálculo del promedio de cada grupo

$$\text{Media de grupo muestra patrón: } \frac{10.20\% + 11.88\% + 9.14\%}{3} = 10.4067\%$$

$$\text{Media de grupo suelo + 10%escombros: } \frac{12.69\% + 15.46\% + 12.28\%}{3} = 13.4767\%$$

$$\text{Media de grupo suelo + 15%escombros: } \frac{30.92\% + 33.21\% + 27.11\%}{3} = 30.4133\%$$

$$\text{Media de grupo suelo + 20%escombros: } \frac{23.86\% + 25.96\% + 23.80\%}{3} = 25.54\%$$

- Cálculo de Media general (MG):

$$MG = \frac{10.20 + 11.88 + 9.14 + 12.69 + 15.46 + 12.28 + \dots + 23.80}{12}$$

$$MG = 19.7092\%$$

- Cálculo de la sumatoria de los cuadrados entre los grupos (SSB)



$$SSB = n \times \sum (media \ del \ grupo - media \ general)^2$$

Suelo muestra patrón: $(10.4067 - 19.7092)^2 = 86.5365\%$

Suelo + 10% Escombros: $(13.4767 - 19.7092)^2 = 38.8440\%$

Suelo + 15% Escombros: $(30.4133 - 19.7092)^2 = 114.5778\%$

Suelo + 20% Escombros: $(25.54 - 19.7092)^2 = 33.9982\%$

$$SSB = 3 \times 263.2967$$

$$SSB = 789.890\%$$

- Cálculo de la sumatoria de los cuadrados dentro de los grupos (SSW)

$$SSW = \sum (Valor \ individual - media \ del \ grupo)^2$$

Suelo muestra patrón:

$$(10.20 - 10.4067)^2 + (11.88 - 10.4067)^2 + (9.14 - 10.4067)^2 = 3.8179\%$$

Suelo + 10% Escombros:

$$(12.69 - 13.4767)^2 + (15.46 - 13.4767)^2 + (12.28 - 13.4767)^2 = 5.9845\%$$

Suelo + 15% Escombros:

$$(30.92 - 30.4133)^2 + (33.21 - 30.4133)^2 + (27.11 - 30.4133)^2 = 18.9901\%$$

Suelo + 20% Escombros:

$$(23.86 - 25.54)^2 + (25.96 - 25.54)^2 + (23.80 - 25.54)^2 = 3.0264\%$$

$$SSW = 31.8188$$

- Cálculo de grados de libertad (df)

Entre los grupos (dfB): $g-1 = 4-1 = 3$

Dentro los grupos (dfW): $N-g = 12-4 = 8$

- Cálculo de la media de los cuadrados MSB y MSW

$$MSB = \frac{789.890}{3} = 263.2967\%$$

$$MSW = \frac{31.8188}{8} = 3.9774\%$$

- Cálculo del valor “F” de Fisher

$$F = \frac{MSB}{MSW} = \frac{263.2967\%}{3.9774\%} = 66.199$$

El valor $F_{(0.05;8;3)}$ se obtiene de la siguiente tabla, para compararlo con el valor F calculado:

Tabla 29.

Valores de la F de Fisher.

x1/x2	1	2	3	4	5
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39
7	5.99	4.74	4.35	4.12	3.97
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33

7.6 Anexo N°06: Análisis de Costos Unitarios (APU)

Partida: Pavimentos flexible con subrasante sin mejorar.

Figura 15.

Análisis de costo unitario de la partida: CONFORMACION Y COMPACTACION A NIVEL DE SUB-RASANTE.

Partida: 01.01.01						Rendimiento: 1500 m ² /día
CONFORMACION Y COMPACTACION A NIVEL DE SUB-RASANTE						Costo unit. por m ² 4.22
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060004	Peón	hh	3.00	0.0160	21.36	0.34
471060002	Oficial	hh	1.00	0.0053	23.60	0.13
MATERIALES						
391060001	Agua para Construcción	m ³	-	0.0360	6.14	0.22
EQUIPO						
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.47	0.01
490010001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12ton	hm	1.00	0.0053	208.53	1.11
480010001	CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	hm	1.00	0.0053	235.42	1.25
490010002	MOTONIVELADORA 125HP	hm	1.00	0.0053	218.85	1.16

Nota. Elaborado con Delphin Express.

Figura 16.

Análisis de costo unitario de la partida: SUB BASE GRANULAR E=25CM.

Partida: 01.01.02						Rendimiento: 1200 m ² /día
SUB BASE GRANULAR E=25CM						Costo unit. por m ² 13.13
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060004	Peón	hh	4.00	0.0267	21.36	0.57
471060003	Operario	hh	1.00	0.0067	29.99	0.20
MATERIALES						
380010001	SUB BASE GRANULAR (A-1-b)	m ³	-	0.2625	30.00	7.88
391060001	Agua para Construcción	m ³	-	0.0018	6.14	0.01
EQUIPO						
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.77	0.02
480010001	CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	hm	1.00	0.0067	235.42	1.58
490010002	MOTONIVELADORA 125HP	hm	1.00	0.0067	218.85	1.47
490010001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12ton	hm	1.00	0.0067	208.53	1.40

Nota. Elaborado con Delphin Express.

Figura 17.

Análisis de costo unitario de la partida: BASE GRANULAR E=20CM.

Partida: 01.01.03					Rendimiento: 1200 m ² /día	
BASE GRANULAR E=20CM					Costo unit. por m ²	12.60
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060003	Operario	hh	1.00	0.0067	29.99	0.20
471060004	Peón	hh	4.00	0.0267	21.36	0.57
MATERIALES						
391060001	Agua para Construcción	m ³	-	0.0014	6.14	0.01
380010002	MATERIAL DE BASE GRANULAR (A-1-b)	m ³	-	0.2100	35.00	7.35
EQUIPO						
480010001	CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	hm	1.00	0.0067	235.42	1.58
490010002	MOTONIVELADORA 125HP	hm	1.00	0.0067	218.85	1.47
490010001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12ton	hm	1.00	0.0067	208.53	1.40
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.77	0.02

Nota. Elaborado con Delphin Express.

Figura 18.

Análisis de costo unitario de la partida: IMPRIMACION ASFALTICA.

Partida: 01.01.04					Rendimiento: 3000 m ² /día	
IMPRIMACION ASFALTICA					Costo unit. por m ²	5.80
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060003	Operario	hh	2.00	0.0053	29.99	0.16
471060004	Peón	hh	1.00	0.0027	21.36	0.06
471060002	Oficial	hh	1.00	0.0027	23.60	0.06
MATERIALES						
041060013	Arena fina	m ³	-	0.0070	48.00	0.34
130010001	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gln	-	0.3200	13.56	4.34
EQUIPO						
480010002	CAMION IMPRIMADOR 210 HP	hm	1.00	0.0027	212.65	0.57
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.28	0.01
480010003	COMPRESORAS NEUMATICAS 76 HP	hm	1.00	0.0027	94.72	0.26

Nota. Elaborado con Delphin Express.

Figura 19

Análisis de costo unitario de la partida: CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE.

Partida: 01.01.05					Rendimiento: 2000 m ² /dia	
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=3"					Costo unit. por m ²	60.07
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060002	Oficial	hh	2.00	0.0080	23.60	0.19
471060003	Operario	hh	2.00	0.0080	29.99	0.24
471060004	Peón	hh	10.00	0.0400	21.36	0.85
MATERIALES						
130010002	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m ³	-	0.0800	650.00	52.01
480010004	TRANSPORTE DE MEZCLA C/VOLQUETE 6X4 330 HP (10M ³)	m ³	-	0.0800	50.00	4.00
EQUIPO						
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	1.28	0.04
480010006	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70HP	hm	1.00	0.0040	220.00	0.88
480010005	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100 HP	hm	1.00	0.0040	169.65	0.68
480010007	PAVIMENTADORA SOBRE LLANTAS	hm	1.00	0.0040	250.00	1.00
480010008	COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA 7HP	hm	1.00	0.0040	43.82	0.18

Nota. Elaborado con Delphin Express.

PARTIDA: Pavimentos flexible con subrasante mejorada con 15% de adición de escombros de concreto.

Figura 20.

Análisis de costo unitario de la partida: MEJORAMIENTO A NIVEL DE SUB-RASANTE CON ESCOMBROS DE CONCRETO (15%)

Partida: 01.02.01					Rendimiento: 1500 m ² /dia	
MEJORAMIENTO A NIVEL DE SUB-RASANTE CON ESCOMBROS DE CONCRETO (15%)					Costo unit. por m ²	8.94
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060004	Peón	hh	3.00	0.0160	21.36	0.34
471060002	Oficial	hh	1.00	0.0053	23.60	0.13
MATERIALES						
391060001	Agua para Construcción	m ³	-	0.0360	6.14	0.22
050010001	ESCOMBROS DE CONCRETO (15%)	m ³	-	0.0660	55.00	3.63
EQUIPO						
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.47	0.01
490010001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12ton	hm	1.00	0.0053	208.53	1.11
480010001	CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	hm	1.00	0.0053	235.42	1.25
490010002	MOTONIVELADORA 125HP	hm	1.00	0.0053	218.85	1.16
480010009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125HP 2.5YD3	hm	1.00	0.0053	205.47	1.09

Nota. Elaborado con Delphin Express.

Figura 21.

Análisis de costo unitario de la partida: SUB BASE GRANULAR E=15CM

Partida: 01.02.02						Rendimiento: 1200 m ³ /día
						Costo unit. por m ²
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060004	Peón	hh	4.00	0.0267	21.36	0.57
471060003	Operario	hh	1.00	0.0067	29.99	0.20
MATERIALES						
380010001	SUB BASE GRANULAR (A-1-b)	m ³	-	0.2100	30.00	6.30
391060001	Agua para Construcción	m ³	-	0.0105	6.14	0.06
EQUIPO						
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.77	0.02
480010001	CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	hm	1.00	0.0067	235.42	1.58
490010002	MOTONIVELADORA 125HP	hm	1.00	0.0067	218.85	1.47
490010001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12ton	hm	1.00	0.0067	208.53	1.40

Nota. Elaborado con Delphin Express.

Figura 22.

Análisis de costo unitario de la partida: BASE GRANULAR E=15CM

Partida: 01.02.03						Rendimiento: 1200 m ³ /día
						Costo unit. por m ²
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
471060003	Operario	hh	1.00	0.0067	29.99	0.20
471060004	Peón	hh	4.00	0.0267	21.36	0.57
MATERIALES						
391060001	Agua para Construcción	m ³	-	0.0105	6.14	0.06
380010002	MATERIAL DE BASE GRANULAR (A-1-b)	m ³	-	0.1575	35.00	5.51
EQUIPO						
480010001	CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	hm	1.00	0.0067	235.42	1.58
490010002	MOTONIVELADORA 125HP	hm	1.00	0.0067	218.85	1.47
490010001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12ton	hm	1.00	0.0067	208.53	1.40
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.77	0.02

Nota. Elaborado con Delphin Express.

Figura 23.

Análisis de costo unitario de la partida: IMPRIMACION ASFALTICA

Partida: 01.02.04					Rendimiento: 3000 m ² /día	
IMPRIMACION ASFALTICA					Costo unit. por m ²	5.80
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.28
471060003	Operario	hh	2.00	0.0053	29.99	0.16
471060004	Peón	hh	1.00	0.0027	21.36	0.06
471060002	Oficial	hh	1.00	0.0027	23.60	0.06
MATERIALES						4.68
041060013	Arena fina	m ³	-	0.0070	48.00	0.34
130010001	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gln	-	0.3200	13.56	4.34
EQUIPO						0.84
480010002	CAMION IMPRIMADOR 210 HP	hm	1.00	0.0027	212.65	0.57
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	0.28	0.01
480010003	COMPRESORAS NEUMATICAS 76 HP	hm	1.00	0.0027	94.72	0.26

Nota. Elaborado con Delphin Express.

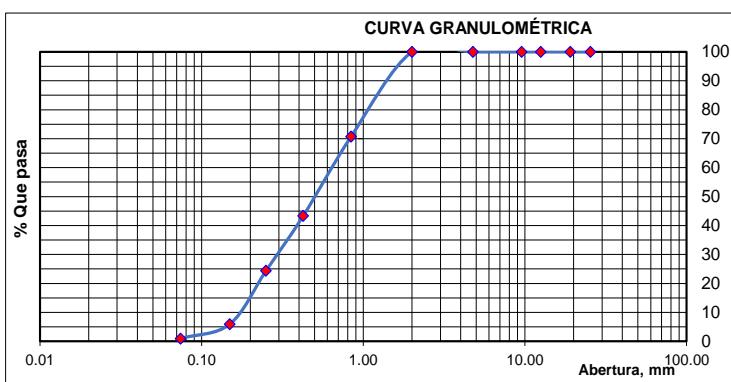
Figura 24.

Análisis de costo unitario de la partida: IMPRIMACION ASFALTICA

Partida: 01.02.05					Rendimiento: 2000 m ² /día	
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"					Costo unit. por m ²	41.40
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.28
471060002	Oficial	hh	2.00	0.0080	23.60	0.19
471060003	Operario	hh	2.00	0.0080	29.99	0.24
471060004	Peón	hh	10.00	0.0400	21.36	0.85
MATERIALES						37.34
130010002	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m ³	-	0.0533	650.00	34.67
480010004	TRANSPORTE DE MEZCLA C/VOLQUETE 6X4 330 HP (10M ³)	m ³	-	0.0533	50.00	2.67
EQUIPO						2.78
370010001	Herramientas	%mo	-	3.0000	1.28	0.04
480010006	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70HP	hm	1.00	0.0040	220.00	0.88
480010005	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100 HP	hm	1.00	0.0040	169.65	0.68
480010007	PAVIMENTADORA SOBRE LLANTAS	hm	1.00	0.0040	250.00	1.00
480010008	COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA 7HP	hm	1.00	0.0040	43.82	0.18

Nota. Elaborado con Delphin Express.

7.7 Anexo N°07: Ensayos de Laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																				
1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E107)																																																				
Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ". Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE. Muestra: Calicata N° 01 Estrato: 01 Profundidad: 1.50 m Coordinadas: 770304.03m E - 8990933.56m N																																																				
MUESTRA PATRON																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Peso total de la muestra (g)</td> <td>994.83</td> </tr> <tr> <td>Peso final de la muestra (g)</td> <td>992.59</td> </tr> </table>		Peso total de la muestra (g)	994.83	Peso final de la muestra (g)	992.59	 <p>Cu: 3.75 Cc: 0.75</p>																																														
Peso total de la muestra (g)	994.83																																																			
Peso final de la muestra (g)	992.59																																																			
2. LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129:1999)																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">A. LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">PARAMETRO</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Tara N°</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #90EE90;">1</th> <th style="background-color: #90EE90;">2</th> <th style="background-color: #90EE90;">3</th> <th style="background-color: #90EE90;">4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Número de golpes</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>2. Peso de la tara (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>4. Peso tara + Suelo seco (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>5. Peso agua (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>6. Peso Suelo seco (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>7. Contenido Humedad (%)</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>				A. LIMITE LIQUIDO					PARAMETRO	Tara N°				1	2	3	4	1. Número de golpes					2. Peso de la tara (gr)					3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)					4. Peso tara + Suelo seco (gr)					5. Peso agua (gr)					6. Peso Suelo seco (gr)					7. Contenido Humedad (%)				
A. LIMITE LIQUIDO																																																				
PARAMETRO	Tara N°																																																			
	1	2	3	4																																																
1. Número de golpes																																																				
2. Peso de la tara (gr)																																																				
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)																																																				
4. Peso tara + Suelo seco (gr)																																																				
5. Peso agua (gr)																																																				
6. Peso Suelo seco (gr)																																																				
7. Contenido Humedad (%)																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">B. LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">PARAMETRO</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Tara N°</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #90EE90;">1</th> <th style="background-color: #90EE90;">2</th> <th style="background-color: #90EE90;">3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Peso de la tara (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>3. Peso tara + Suelo seco (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>4. Peso agua (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>5. Peso Suelo seco (gr)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>6. Contenido Humedad (%)</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>				B. LIMITE PLASTICO					PARAMETRO	Tara N°				1	2	3		1. Peso de la tara (gr)					2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)					3. Peso tara + Suelo seco (gr)					4. Peso agua (gr)					5. Peso Suelo seco (gr)					6. Contenido Humedad (%)									
B. LIMITE PLASTICO																																																				
PARAMETRO	Tara N°																																																			
	1	2	3																																																	
1. Peso de la tara (gr)																																																				
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)																																																				
3. Peso tara + Suelo seco (gr)																																																				
4. Peso agua (gr)																																																				
5. Peso Suelo seco (gr)																																																				
6. Contenido Humedad (%)																																																				
3. CONTENIDO DE HUMEDAD (E 108)																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">PARAMETROS</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Tara N°</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #90EE90;">1</th> <th style="background-color: #90EE90;">2</th> <th style="background-color: #90EE90;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Peso de la tara (gr)</td> <td>25.00</td> <td>23.75</td> <td>21.30</td> </tr> <tr> <td>2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)</td> <td>122.30</td> <td>114.50</td> <td>141.57</td> </tr> <tr> <td>3. Peso tara + Suelo seco (gr)</td> <td>119.23</td> <td>110.08</td> <td>136.10</td> </tr> <tr> <td>4. Peso agua (gr)</td> <td>3.07</td> <td>4.42</td> <td>5.47</td> </tr> <tr> <td>5. Peso Suelo seco (gr)</td> <td>94.23</td> <td>86.33</td> <td>114.80</td> </tr> <tr> <td>6. Contenido Humedad (%)</td> <td>3.26%</td> <td>5.12%</td> <td>4.76%</td> </tr> </tbody> </table>				PARAMETROS	Tara N°			1	2	3	1. Peso de la tara (gr)	25.00	23.75	21.30	2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	122.30	114.50	141.57	3. Peso tara + Suelo seco (gr)	119.23	110.08	136.10	4. Peso agua (gr)	3.07	4.42	5.47	5. Peso Suelo seco (gr)	94.23	86.33	114.80	6. Contenido Humedad (%)	3.26%	5.12%	4.76%																		
PARAMETROS	Tara N°																																																			
	1	2	3																																																	
1. Peso de la tara (gr)	25.00	23.75	21.30																																																	
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	122.30	114.50	141.57																																																	
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	119.23	110.08	136.10																																																	
4. Peso agua (gr)	3.07	4.42	5.47																																																	
5. Peso Suelo seco (gr)	94.23	86.33	114.80																																																	
6. Contenido Humedad (%)	3.26%	5.12%	4.76%																																																	

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 01 Estrato 01 Profundidad: 1.50 m

Coordinadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 0.96%

%FINOS<50%

SUELO DE PARTICULAS GRUESAS

2. Porcentaje que pasa la malla N°4: 100.00%

%ARENA>50%

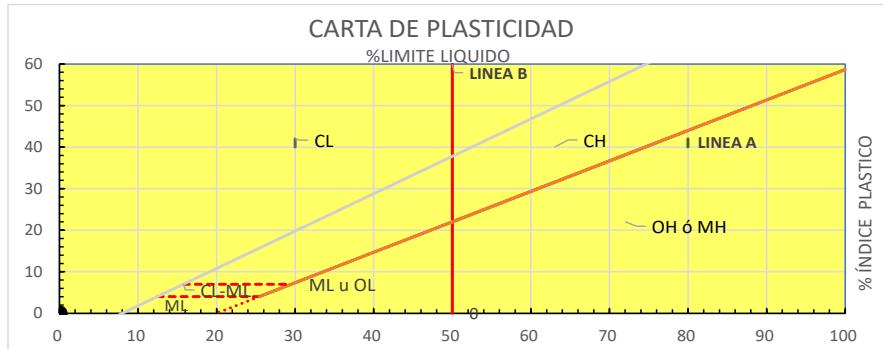
ARENA

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN:

%FINOS<5%

CRITERIO GRANULOMETRÍA	
CU:	3.75
CC:	0.75

CRITERIO LIMITES ATTERBEG	
LL:	NP
IP:	NP



En conclusión es un suelo:

SP

ARENA MAL GRADUADO

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 0.96%

%FINOS<=35%

2. Porcentaje que pasa la malla N°40: 70.73%

MATERIALES GRANULARES

3. Porcentaje que pasa la malla N°10: 99.98%

CRITERIO GRANULOMETRÍA	
CU:	3.75
CC:	0.75

CRITERIO LIMITES ATTERBEG	
LL:	NP
IP:	NP

ÍNDICE DE GRUPO

0

CARACTERISTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

MATERIALES GRANULARES

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-3	ARENA FINA	EXCELENTE O BUENO

En conclusión es un suelo:

A-3(0)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 01 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordenadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

MUESTRA PATRON

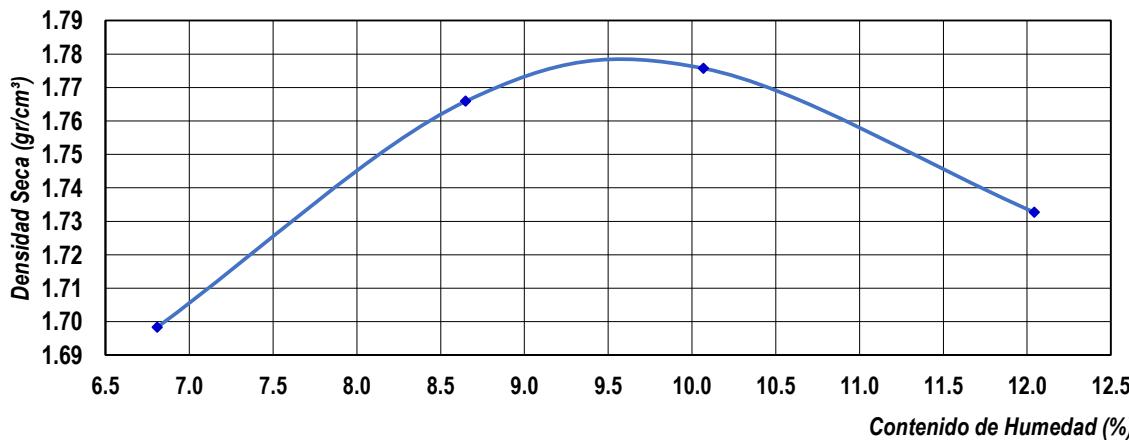
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	10131	10131	10131	10131
2. Peso molde + muestra humeda	14120	14350	14429	14400
3. Peso muestra humeda (gr)	3989	4219	4298	4269
4. Volumen molde (cm ³)	2199.00	2199.00	2199.00	2199.00
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.814	1.919	1.955	1.941

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	27.20	29.90	29.30	29.00
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	82.10	110.30	93.80	151.80
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	78.60	103.90	87.90	138.60
4. Peso agua (gr)	3.50	6.40	5.90	13.20
5. Peso Suelo seco (gr)	51.40	74.00	58.60	109.60
Contenido Humedad (%)	6.809%	8.649%	10.068%	12.044%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.698	1.766	1.776	1.733

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.779 gr/cm³
Humedad Optima	9.60%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CBR

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: Av. Aviacion, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Ancash.

Muestra: Calicata N° 01 Estrato: 01 Profundidad: 1.50 m

Coordenadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

MUESTRA PATRON

Densidad Máxima	1.779 gr/cm ³
Humedad Óptima	9.60%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.60	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.20	15.28	15.26
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	4881	4792	4881
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	8799	8834	9075
3. Peso muestra húmeda (gr)	3918.00	4042.00	4194.00
4. Volumen molde (cm ³)	2123.063	2125.741	2138.455
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.845	1.901	1.961

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.	Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00	
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00	
0.00%	0.00%	0.00%	

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	25.660	27.770	26.490
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	229.42	208.10	201.92
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	210.91	192.50	186.10
4. Peso agua (gr)	18.51	15.60	15.82
5. Peso Suelo seco (gr)	185.25	164.73	159.61
Contenido Humedad (%)	9.99%	9.47%	9.91%
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.678	1.737	1.784

Área de Piston:

3 plg² = 19.355

PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		131	43.67	195	65.00	226	75.33
0.050	1.270		177	59.00	318	106.00	444	148.00
0.075	1.905		212	70.67	408	136.00	614	204.67
0.100	2.540	1000.00	267	89.00	490	163.33	803	267.67
0.125	3.175		317	105.67	587	195.67	964	321.33
0.150	3.810		360	120.00	660	220.00	1114	371.33
0.175	4.445		419	139.67	742	247.33	1281	427.00
0.200	5.080	1500.00	470	156.67	835	278.33	1458	486.00
0.225	5.715		509	169.67	896	298.67	1646	548.67
0.250	6.350		556	185.33	993	331.00	1805	601.67
0.275	6.985		605	201.67	1091	363.67	2006	668.67
0.300	7.620	1900.00	639	213.00	1180	393.33	2188	729.33
0.325	8.255		668	222.67	1271	423.67	2357	785.67
0.350	8.890		697	232.33	1382	460.67	2475	825.00
0.375	9.525		720	240.00	1475	491.67	2583	861.00
0.400	10.160	2300.00	742	247.33	1548	516.00	2691	897.00
0.425	10.795		752	250.67	1602	534.00	2751	917.00
0.450	11.430		770	256.67	1644	548.00	2741	913.67
0.475	12.065		782	260.67	1684	561.33	2731	910.33
0.500	12.700	2600.00	802	267.33	1713	571.00	2690	896.67

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (MTC E 132 - ASTM D 1883)

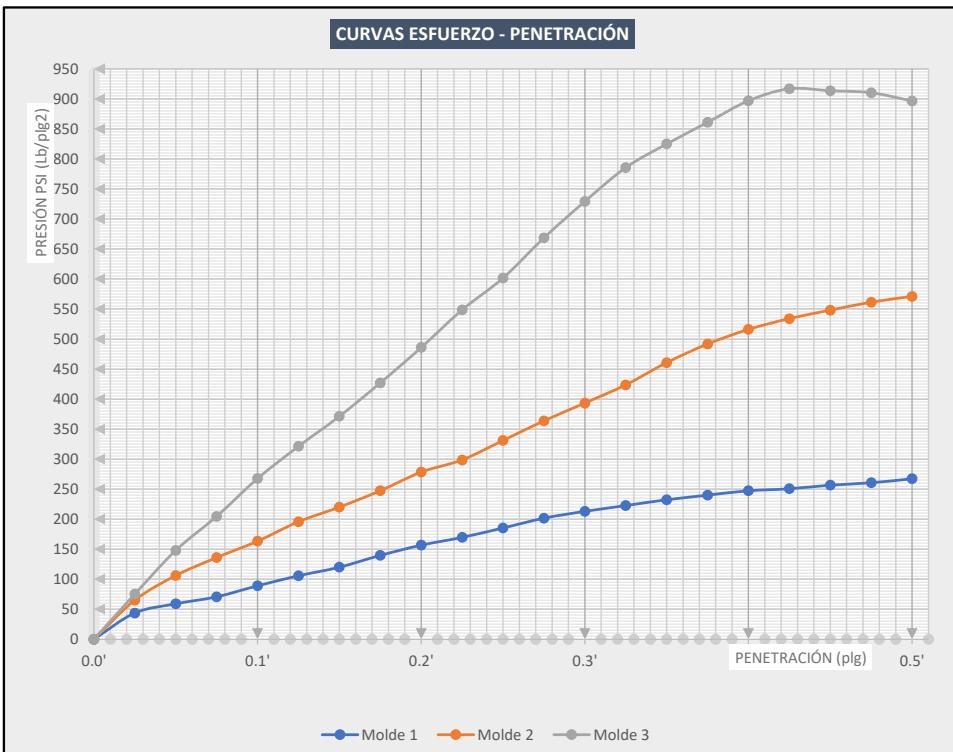
Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: Av. Aviación, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Ancash.

Muestra: Calicata N° 01 Estrato 1 **Profundidad:** 1.50 m

Coordinadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

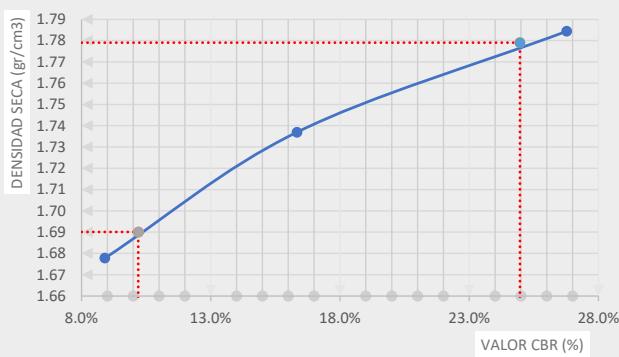
MUESTRA PATRÓN



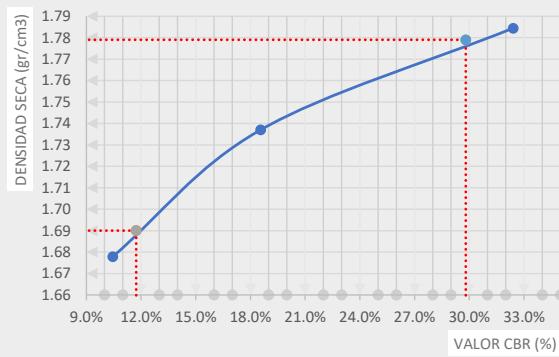
CORRECCIÓN DEL CBR

Penetración (plg)	Carga Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
0.1"	1000	89.00	8.90%	163.33	16.33%	267.67	26.77%
0.2"	1500	156.67	10.44%	278.33	18.56%	486.00	32.40%

CURVA CBR VS MDS (0.1")



CURVA CBR VS MDS (0.2")



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.690 gr/cm³	10.20%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.779 gr/cm³	24.96%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 01 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordenadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

SUELOS + 10% ESCOMBROS

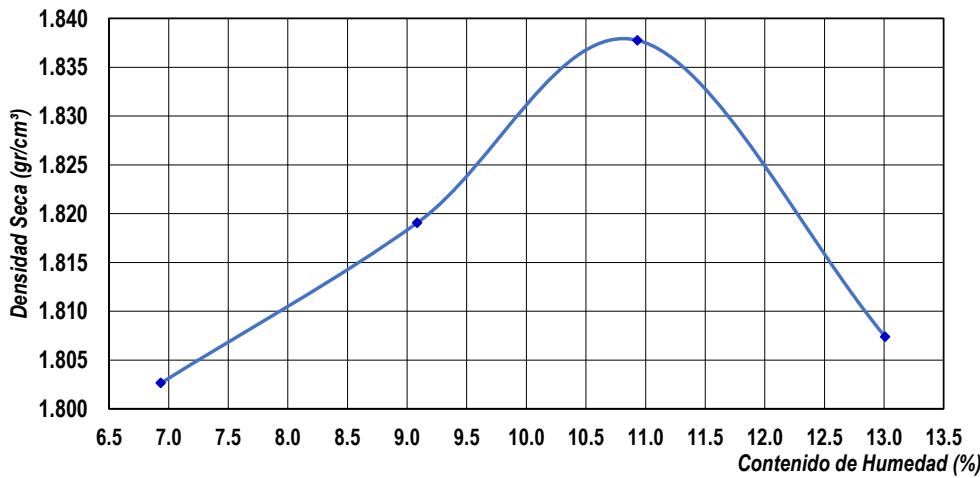
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	6150.00	6150.00	6150.00	6150.00
2. Peso molde + muestra humeda	10254.90	10375.60	10491.30	10499.50
3. Peso muestra humeda (gr)	4104.90	4225.60	4341.30	4349.50
4. Volumen molde (cm ³)	2129.49	2129.49	2129.49	2129.49
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.928	1.984	2.039	2.043

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	221.20	210.90	220.40	222.10
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	580.50	721.20	744.00	687.70
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	557.20	678.70	692.40	634.10
4. Peso agua (gr)	23.30	42.50	51.60	53.60
5. Peso Suelo seco (gr)	336.00	467.80	472.00	412.00
Contenido Humedad (%)	6.935%	9.085%	10.932%	13.010%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.803	1.819	1.838	1.807

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.838 gr/cm³
Humedad Optima	10.80%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°01	Estrato	01
Coordenadas:	770304.03m E - 8990933.56m N		

SUELOS + 10% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.838 gr/cm ³
Humedad Óptima	10.80%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11293.5	11411.7	11549.9
3. Peso muestra húmeda (gr)	4134.90	4259.80	4398.90
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.922	2.002	2.045

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.	Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	229.300	243.800	258.900
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	453.30	482.20	455.10
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	431.40	458.90	436.00
4. Peso agua (gr)	21.90	23.30	19.10
5. Peso Suelo seco (gr)	202.10	215.10	177.10
Contenido Humedad (%)	10.84%	10.83%	10.78%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.734	1.806	1.846

Área de Piston: 3 plg² = #####

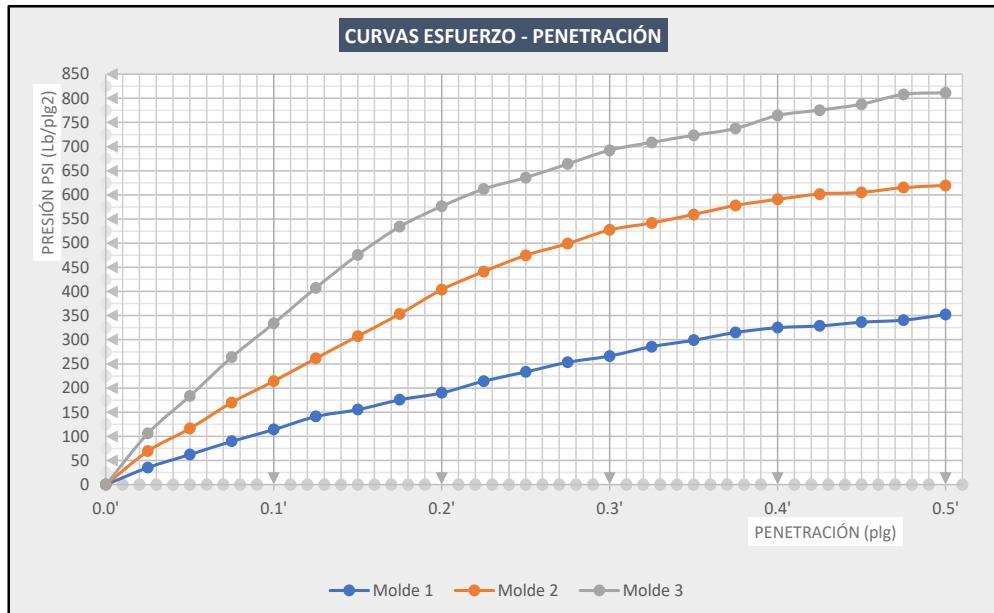
PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		106	35.33	208	69.33	318	106.00
0.050	1.270		187	62.33	349	116.33	550	183.33
0.075	1.905		269	89.67	510	170.00	792	264.00
0.100	2.540	1000.00	342	114.00	643	214.33	1002	334.00
0.125	3.175		423	141.00	784	261.33	1222	407.33
0.150	3.810		466	155.33	922	307.33	1427	475.67
0.175	4.445		527	175.67	1060	353.33	1602	534.00
0.200	5.080	1500.00	570	190.00	1211	403.67	1729	576.33
0.225	5.715		643	214.33	1323	441.00	1836	612.00
0.250	6.350		700	233.33	1424	474.67	1907	635.67
0.275	6.985		760	253.33	1497	499.00	1992	664.00
0.300	7.620	1900.00	799	266.33	1582	527.33	2077	692.33
0.325	8.255		857	285.67	1625	541.67	2126	708.67
0.350	8.890		897	299.00	1678	559.33	2170	723.33
0.375	9.525		945	315.00	1734	578.00	2212	737.33
0.400	10.160	2300.00	975	325.00	1772	590.67	2293	764.33
0.425	10.795		986	328.67	1805	601.67	2326	775.33
0.450	11.430		1009	336.33	1815	605.00	2363	787.67
0.475	12.065		1022	340.67	1845	615.00	2424	808.00
0.500	12.700	2600.00	1056	352.00	1858	619.33	2434	811.33

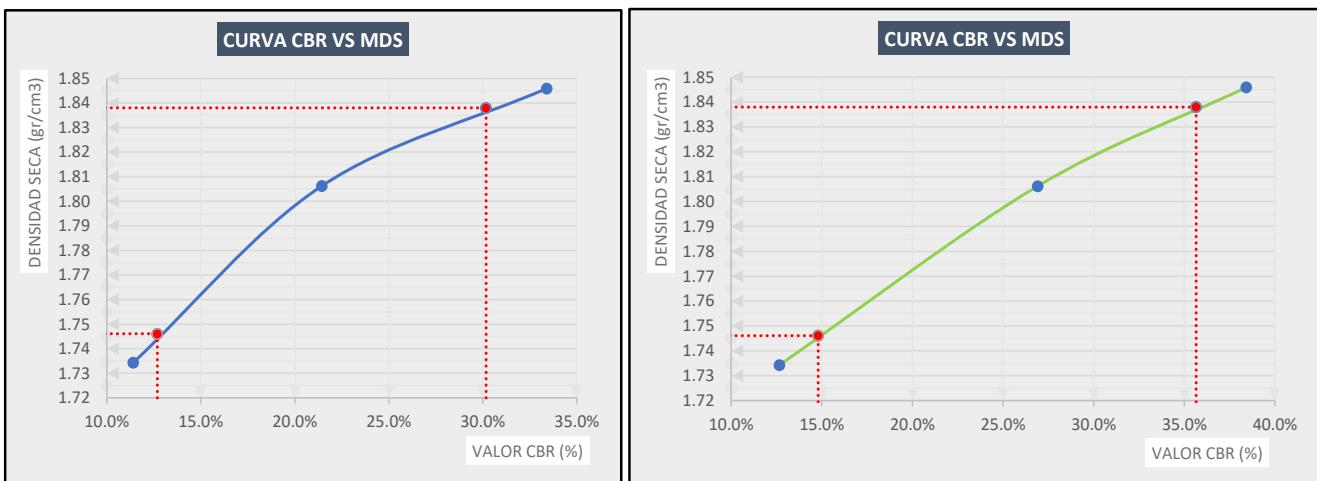
VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°01	Estrato N° 01	Profundidad: 1.50 m
Coordinadas:	770304.03m E - 8990933.56m N		

SUELOS + 10% ESCOMBROS



Penetración (plg)	Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
0.1	1000	114.00	11.40%	214.33	21.43%	334.00	33.40%
0.2	1500.00	190.00	12.67%	403.67	26.91%	576.33	38.42%



CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	0.1"	0.2"
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.746 gr/cm³	12.69%
	1.838 gr/cm³	30.17% 35.65%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 01 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordenadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

SUELOS + 15% ESCOMBROS

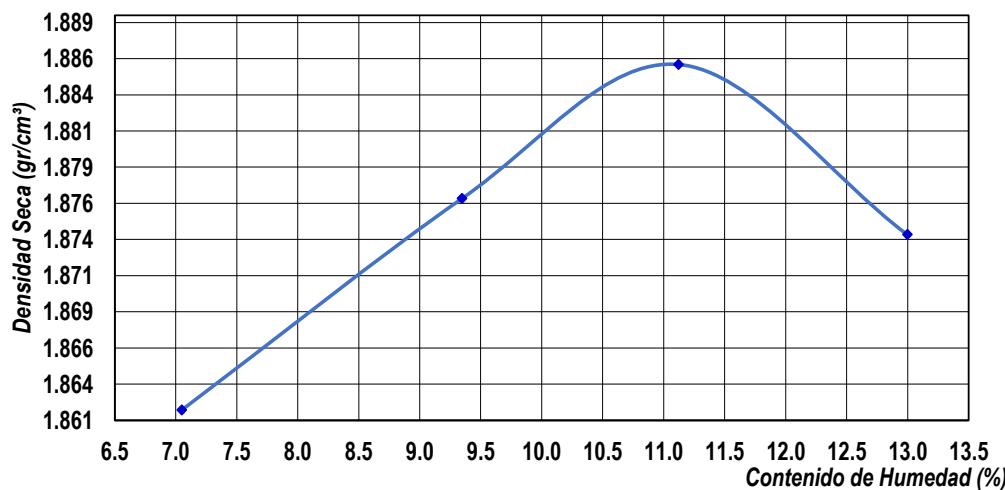
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	6150.00	6150.00	6150.00	6150.00
2. Peso molde + muestra humeda	10394.00	10519.10	10612.00	10659.00
3. Peso muestra humeda (gr)	4244.00	4369.10	4462.00	4509.00
4. Volumen molde (cm ³)	2129.49	2129.49	2129.49	2129.49
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.993	2.052	2.095	2.117

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	25.30	28.00	28.90	29.20
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	140.70	125.10	135.80	159.60
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	133.10	116.80	125.10	144.60
4. Peso agua (gr)	7.60	8.30	10.70	15.00
5. Peso Suelo seco (gr)	107.80	88.80	96.20	115.40
Contenido Humedad (%)	7.050%	9.347%	11.123%	12.998%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.862	1.876	1.886	1.874

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.886 gr/cm³
Humedad Optima	11.10%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicafa N° 01 Estrato 01

Profundidad: 1.50 m

Coordenadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

SUELOS + 15% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.886 gr/cm³
Humedad Óptima	11.10%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7138.8	7152.6	7176.6
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11398.9	11511.2	11736.1
3. Peso muestra húmeda (gr)	4260.10	4358.60	4559.50
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.980	2.048	2.120

3 .CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de		
Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	260.200	249.700	255.600
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	552.00	598.30	566.20
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	522.70	563.10	534.80
4. Peso agua (gr)	29.30	35.20	31.40
5. Peso Suelo seco (gr)	262.50	313.40	279.20
Contenido Humedad (%)	11.16%	11.23%	11.25%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.782	1.841	1.905

Area de Piston: 3 plg² = ######

PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		202	67.33	210	70.00	249	83.00
0.050	1.270		395	131.67	458	152.67	581	193.67
0.075	1.905		589	196.33	798	266.00	1065	355.00
0.100	2.540	1000.00	751	250.33	1183	394.33	1602	534.00
0.125	3.175		859	286.33	1690	563.33	2293	764.33
0.150	3.810		1007	335.67	2032	677.33	2945	981.67
0.175	4.445		1135	378.33	2357	785.67	3427	1142.33
0.200	5.080	1500.00	1273	424.33	2676	892.00	4001	1333.67
0.225	5.715		1404	468.00	2813	937.67	4450	1483.33
0.250	6.350		1511	503.67	3016	1005.33	4744	1581.33
0.275	6.985		1630	543.33	3099	1033.00	5094	1698.00
0.300	7.620	1900.00	1680	560.00	3186	1062.00	5230	1743.33
0.325	8.255		1794	598.00	3170	1056.67	5345	1781.67
0.350	8.890		1823	607.67	3188	1062.67	5364	1788.00
0.375	9.525		1899	633.00	3135	1045.00	5373	1791.00
0.400	10.160	2300.00	1918	639.33	3142	1047.33	5390	1796.67
0.425	10.795		1977	659.00	3127	1042.33	5448	1816.00
0.450	11.430		1989	663.00	3097	1032.33	5505	1835.00
0.475	12.065		2023	674.33	3112	1037.33	5576	1858.67
0.500	12.700	2600.00	2020	673.33	3100	1033.33	5486	1828.67

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

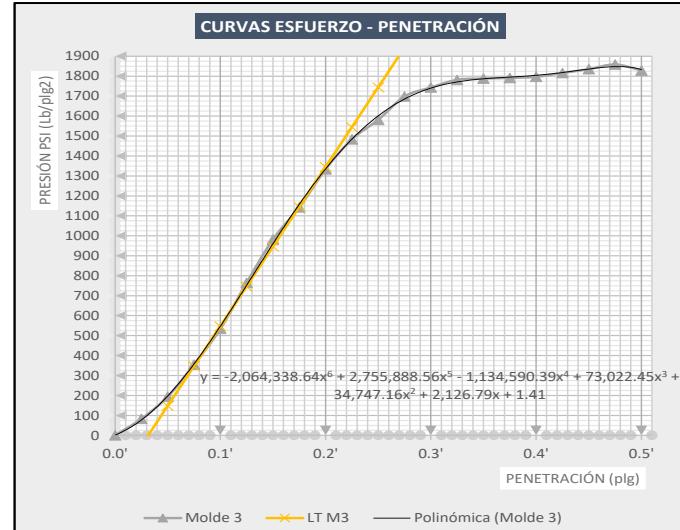
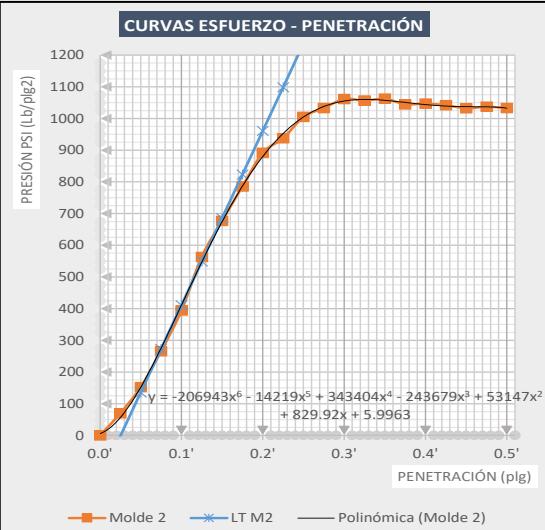
Muestra: Calicata N° 01 **Estrato:** 01

Profundidad: 1.50 m

Coordenadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

SUELOS + 15% ESCOMBROS

RECTA TANGENTE		RECTA TANGENTE	
PENETRACI	PRESION	PENETRA	PRESION
0.000	-139.53	0.000	-251.64
0.025	1.96	0.025	-52.08
0.050	135.62	0.050	147.49
0.075	273.19	0.075	347.05
0.100	410.77	0.100	546.62
0.125	548.35	0.125	746.18
0.150	685.92	0.150	945.75
0.175	823.50	0.175	1145.31
0.200	961.07	0.200	1344.88
0.225	1098.65	0.225	1544.45
0.250	1236.23	0.250	1744.01
0.275	1373.80	0.275	1943.58
0.300	1511.38	0.300	2143.14
0.325	1648.95	0.325	2342.71
0.350	1786.53	0.350	2542.27
0.375	1924.11	0.375	2741.84
0.400	2061.68	0.400	2941.40
0.425	2199.26	0.425	3140.97
0.450	2336.83	0.450	3340.53
0.475	2474.41	0.475	3540.10
0.500	2611.99	0.500	3739.67

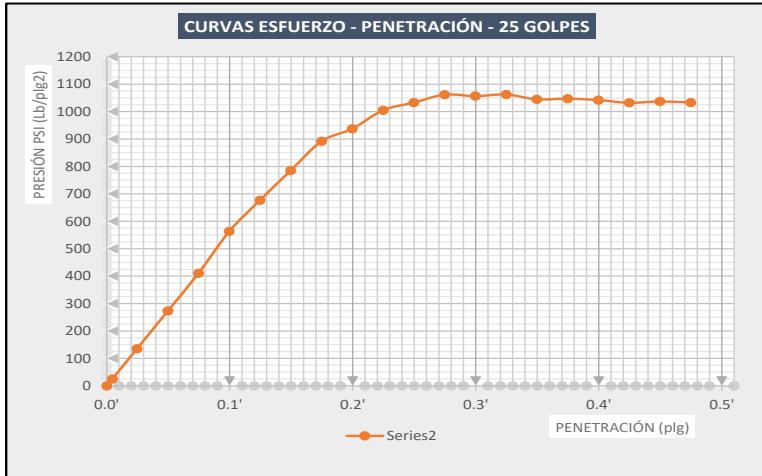


Área de Pistón:

3

$\text{plg}^2 = \text{#####}$

DATOS CORREGIDOS	
Molde 2	
CURVA CBR	
PENETRACION (mm)	PRESION
0.000	0.00
0.005	25.56
0.025	135.62
0.050	273.19
0.075	410.77
0.100	563.33
0.125	677.33
0.150	785.67
0.175	892.00
0.200	937.67
0.225	1005.33
0.250	1033.00
0.275	1062.00
0.300	1056.67
0.325	1062.67
0.350	1045.00
0.375	1047.33
0.400	1042.33
0.425	1032.33
0.450	1037.33
0.475	1033.33



VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JÓVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

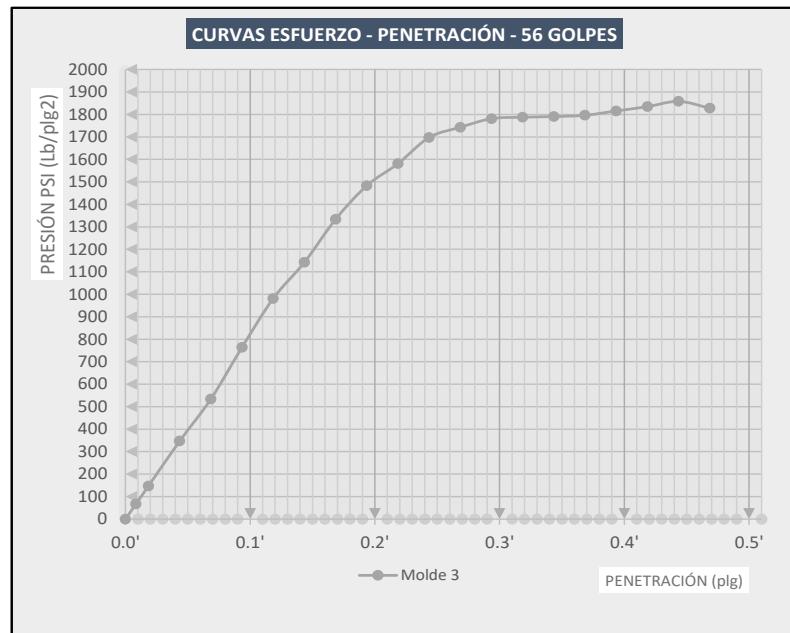
Muestra: Calicata N° 01 Estrato 01

Profundidad: 1.50 m

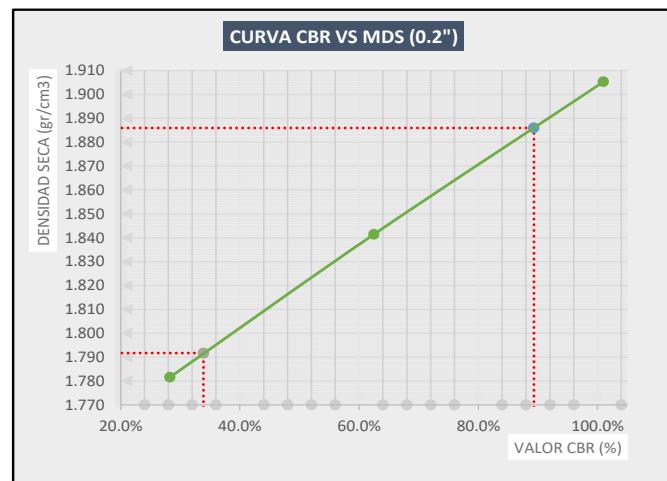
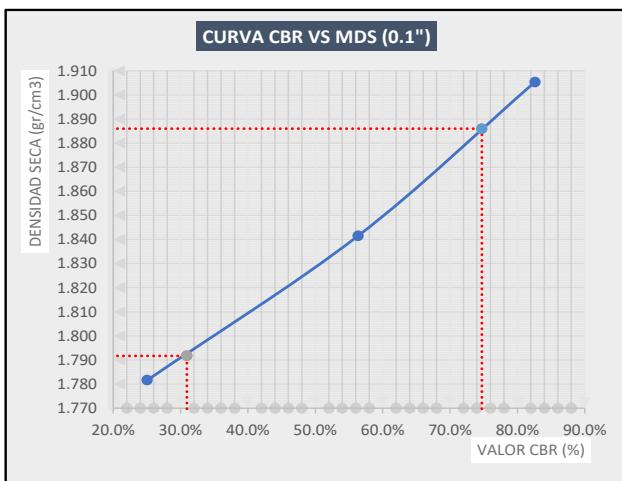
Coordenadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

SUELOS + 15% ESCOMBROS

DATOS CORREGIDOS	
Molde 3	
CURVA CBR	
PENETRACIÓN (mm)	PRESIÓN
0.000	0.000
0.008	67.66
0.018	147.49
0.043	347.05
0.068	534.00
0.093	764.33
0.118	981.67
0.143	1142.33
0.168	1333.67
0.193	1483.33
0.218	1581.33
0.243	1698.00
0.268	1743.33
0.293	1781.67
0.318	1788.00
0.343	1791.00
0.368	1796.67
0.393	1816.00
0.418	1835.00
0.443	1858.67
0.468	1828.67



Penetración (plg)	Carga Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
		0.1	1000	250.33	25.03%	563.33	56.33%
0.2	1500.00	424.33	28.29%	937.67	62.51%	1515.00	101.00%



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.792 gr/cm ³	30.92%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.886 gr/cm ³	74.73%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 01 Estrato: 01 Profundidad: 1.50 m

Coordinadas: 770304.03m E - 8990933.56m N

SUELOS + 20% ESCOMBROS

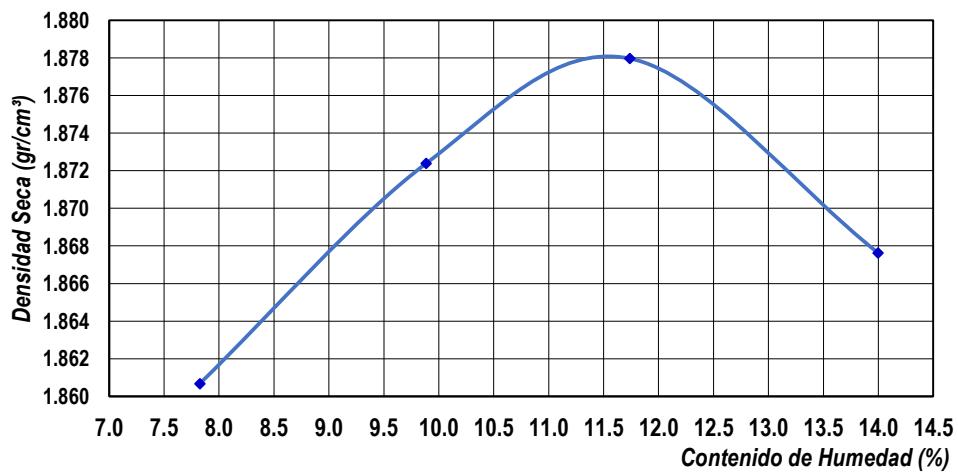
PESO ESPECÍFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	6150.00	6150.00	6150.00	6150.00
2. Peso molde + muestra humeda	10422.38	10531.40	10618.60	10683.80
3. Peso muestra humeda (gr)	4272.38	4381.40	4468.60	4533.80
4. Volumen molde (cm ³)	2129.49	2129.49	2129.49	2129.49
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	2.006	2.057	2.098	2.129

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	25.20	26.80	27.80	27.80
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	74.80	132.40	158.20	129.60
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	71.20	122.90	144.50	117.10
4. Peso agua (gr)	3.60	9.50	13.70	12.50
5. Peso Suelo seco (gr)	46.00	96.10	116.70	89.30
Contenido Humedad (%)	7.826%	9.886%	11.740%	13.998%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.861	1.872	1.878	1.868

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.878 gr/cm ³
Humedad Optima	11.50%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JÓVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°01	Estrato	01
Coordenadas:	770304.03m E	- 8990933.56m N	Profundidad: 1.50 m

SUELOS + 20% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.878 gr/cm ³
Humedad Óptima	11.50%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7145.0	7182.6
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11410.7	11513.9	11695.9
3. Peso muestra húmeda (gr)	4252.10	4368.90	4513.30
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.977	2.053	2.098

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	210.700	206.200	203.200
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	509.40	566.13	587.30
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	478.70	528.90	547.60
4. Peso agua (gr)	30.70	37.23	39.70
5. Peso Suelo seco (gr)	268.00	322.70	344.40
Contenido Humedad (%)	11.46%	11.54%	11.53%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.774	1.841	1.881

$$\text{Área de Pistón: } 3 \text{ plg}^2 = 19.355 \text{ cm}^2$$

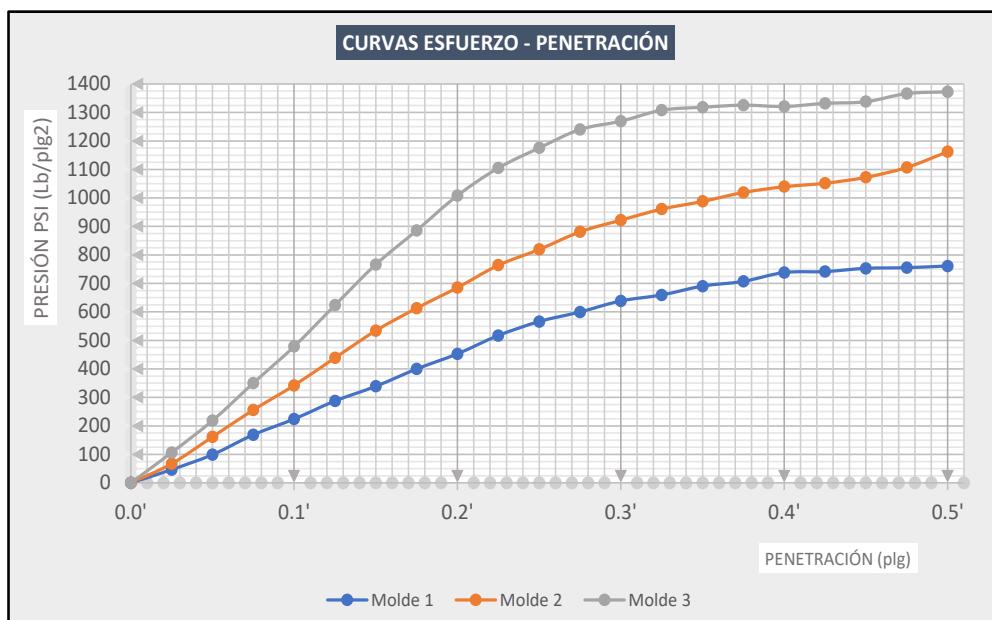
PRUEBA DE PENETRACIÓN

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		140	46.67	202	67.33	319	106.33
0.050	1.270		298	99.33	485	161.67	656	218.67
0.075	1.905		506	168.67	768	256.00	1051	350.33
0.100	2.540	1000.00	673	224.33	1027	342.33	1437	479.00
0.125	3.175		862	287.33	1317	439.00	1871	623.67
0.150	3.810		1017	339.00	1603	534.33	2300	766.67
0.175	4.445		1199	399.67	1840	613.33	2658	886.00
0.200	5.080	1500.00	1359	453.00	2057	685.67	3026	1008.67
0.225	5.715		1551	517.00	2292	764.00	3316	1105.33
0.250	6.350		1698	566.00	2458	819.33	3527	1175.67
0.275	6.985		1799	599.67	2644	881.33	3722	1240.67
0.300	7.620	1900.00	1915	638.33	2767	922.33	3809	1269.67
0.325	8.255		1978	659.33	2883	961.00	3925	1308.33
0.350	8.890		2071	690.33	2964	988.00	3956	1318.67
0.375	9.525		2121	707.00	3058	1019.33	3978	1326.00
0.400	10.160	2300.00	2214	738.00	3119	1039.67	3964	1321.33
0.425	10.795		2224	741.33	3156	1052.00	3997	1332.33
0.450	11.430		2258	752.67	3218	1072.67	4014	1338.00
0.475	12.065		2265	755.00	3322	1107.33	4100	1366.67
0.500	12.700	2600.00	2283	761.00	3487	1162.33	4118	1372.67

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°01	Estrato	0
Coordenadas:	770304.03m E	- 8990933.56m N	Profundidad: 1.50 m

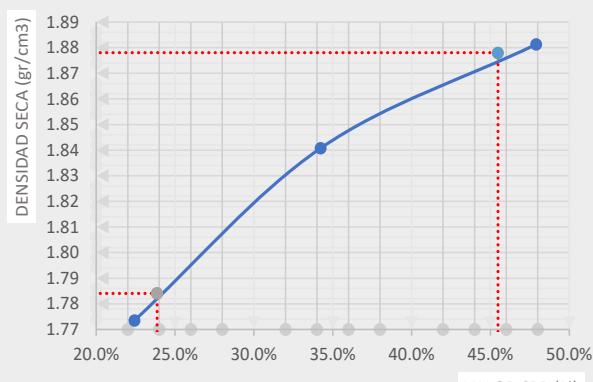
SUELOS + 20% ESCOMBROS



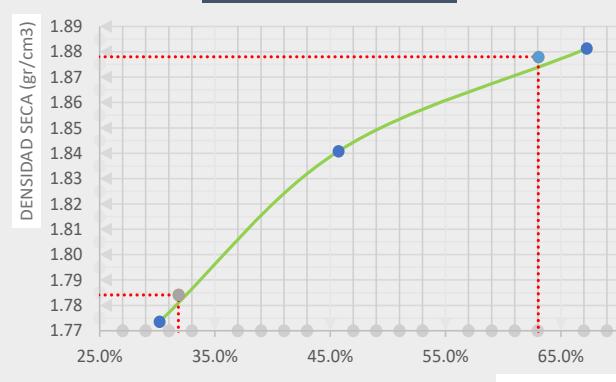
CORRECCIÓN DEL CBR

Penetración (plg)	Carga Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
0.1	1000	224.33	22.43%	342.33	34.23%	479.00	47.90%
0.2	1500.00	453.00	30.20%	685.67	45.71%	1008.67	67.24%

CURVA CBR VS MDS (0.1")



CURVA CBR VS MDS (0.2")



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.784 gr/cm3	23.86%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.878 gr/cm3	45.48%

1. ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E107)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

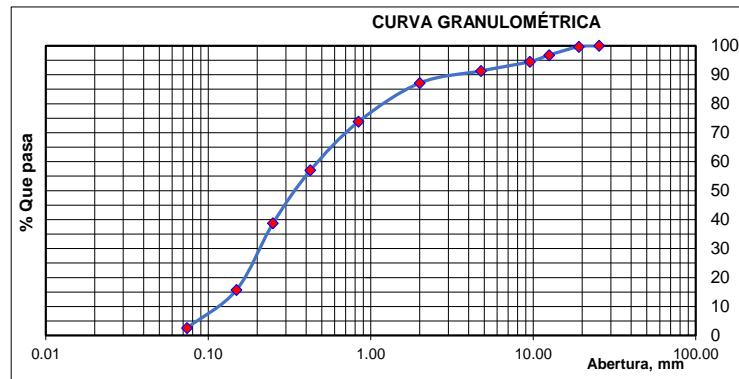
Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 02 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m
Coordenadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N

MUESTRA PATRON

Peso total de la muestra (g)	3150.00
Peso final de la muestra (g)	3118.80

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
1"	25.400	0.00	100.00%
3/4"	19.050	10.50	99.66%
1/2"	12.500	90.21	96.77%
3/8"	9.525	71.02	94.49%
Nº4	4.760	99.39	91.31%
Nº10	2.000	130.52	87.12%
Nº20	0.840	416.53	73.77%
Nº40	0.425	522.90	57.00%
Nº60	0.250	570.50	38.71%
Nº100	0.149	716.60	15.73%
Nº200	0.074	409.86	2.59%
> N°200		80.77	



Cu: 3.90

Cc: 0.74

2. LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129:1999)

A. LIMITE LIQUIDO

PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	4
1. Numero de golpes				
2. Peso de la tara (gr)				
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)				
4. Peso tara + Suelo seco (gr)				
5. Peso agua (gr)				
6. Peso Suelo seco (gr)				
7. Contenido Humedad (%)				

NO PRESENTA

Grava %	8.69%
Arena %	88.72%
Finos %	2.59%
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP
Contenido Humedad	1.66%
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AAHSTO	A-3(0)
Índice de Grupo	0.00

B. LIMITE PLASTICO

PARAMETRO	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)			
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)			
3. Peso tara + Suelo seco (gr)			
4. Peso agua (gr)			
5. Peso Suelo seco (gr)			
6. Contenido Humedad (%)			

NO PRESENTA

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (E 108)

PARAMETROS	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	26.30	24.78	24.60
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	119.10	102.60	130.20
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	117.50	101.30	128.60
4. Peso agua (gr)	1.60	1.30	1.60
5. Peso Suelo seco (gr)	91.20	76.52	104.00
6. Contenido Humedad (%)	1.75%	1.70%	1.54%

1.66%

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 02 Estrato 01 Profundidad: 1.50 m

Coordenadas: 770020.87 m E - 8990875.76 m N

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 2.59%

%FINOS<50%

SUELO DE PARTICULAS GRUESAS

2. Porcentaje que pasa la malla N°4: 91.31%

%ARENA>50%

ARENA

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN:

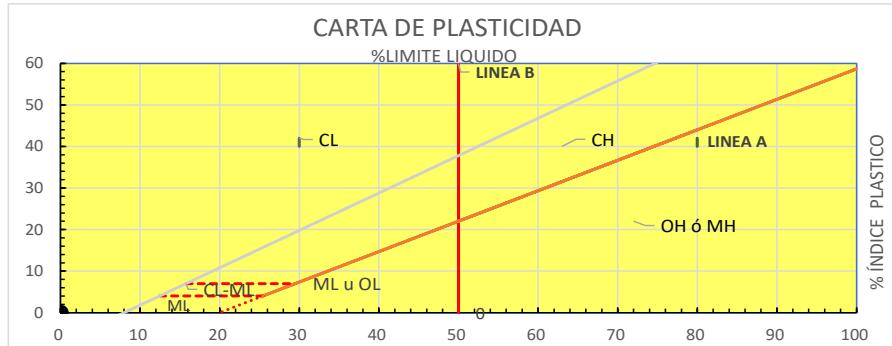
%FINOS<5%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU:	3.90
CC:	0.74

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL:	NP
IP:	NP



En conclusión es un suelo:

SP

ARENA MAL GRADUADO

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL MÉTODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 2.59%

%FINOS<=35%

MATERIALES GRANULARES

2. Porcentaje que pasa la malla N°40: 73.77%

CRITERIO GRANULOMETRÍA	
CU:	3.90
CC:	0.74

CRITERIO LIMITES ATTERBEG	
LL:	NP
IP:	NP

ÍNDICE DE GRUPO

0

CARACTERISTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

MATERIALES GRANULARES

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-3	ARENA FINA	EXCELENTE O BUENO

En conclusión es un suelo:

A-3(0)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 02 Estrato 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordinadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N

MUESTRA PATRÓN

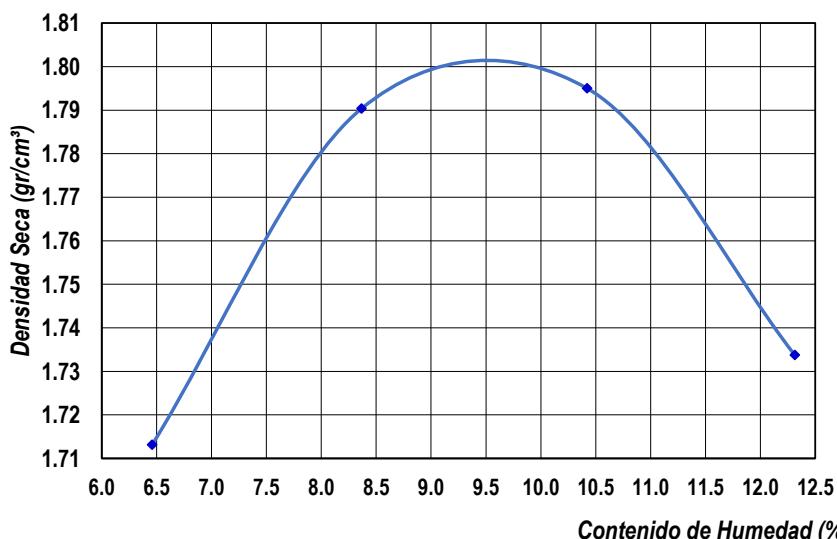
PESO ESPECÍFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	10141	10141	10141	10141
2. Peso molde + muestra humeda	14011	14258	14347	14273
3. Peso muestra humeda (gr)	3870	4117	4206	4132
4. Volumen molde (cm ³)	2122.00	2122.00	2122.00	2122.00
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.824	1.940	1.982	1.947

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	221.20	234.50	225.20	222.10
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	580.50	584.20	512.30	545.90
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	558.70	557.20	485.20	510.40
4. Peso agua (gr)	21.80	27.00	27.10	35.50
5. Peso Suelo seco (gr)	337.50	322.70	260.00	288.30
Contenido Humedad (%)	6.459%	8.367%	10.423%	12.314%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.713	1.790	1.795	1.734

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.802 gr/cm³
Humedad Optima	9.50%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: Av. Aviacion, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Ancash.

Muestra: Calicata N° 02 Estrato 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordenadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N

MUESTRA PATRON

Densidad Máxima	1.802 gr/cm ³
Humedad Óptima	9.50%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.70	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.29	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7189.0	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11163.0	11291.7	11435.4
3. Peso muestra húmeda (gr)	3974.00	4139.80	4284.40
4. Volumen molde (cm ³)	2151.09	2148.28	2151.09
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.847	1.927	1.992

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.

Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	260.200	249.700	255.600
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	529.40	508.10	501.92
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	507.20	486.30	479.70
4. Peso agua (gr)	22.20	21.80	22.22
5. Peso Suelo seco (gr)	247.00	236.60	224.10
Contenido Humedad (%)	8.99%	9.21%	9.92%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.695	1.764	1.812

Área de Piston: 3 plg² = 19.355

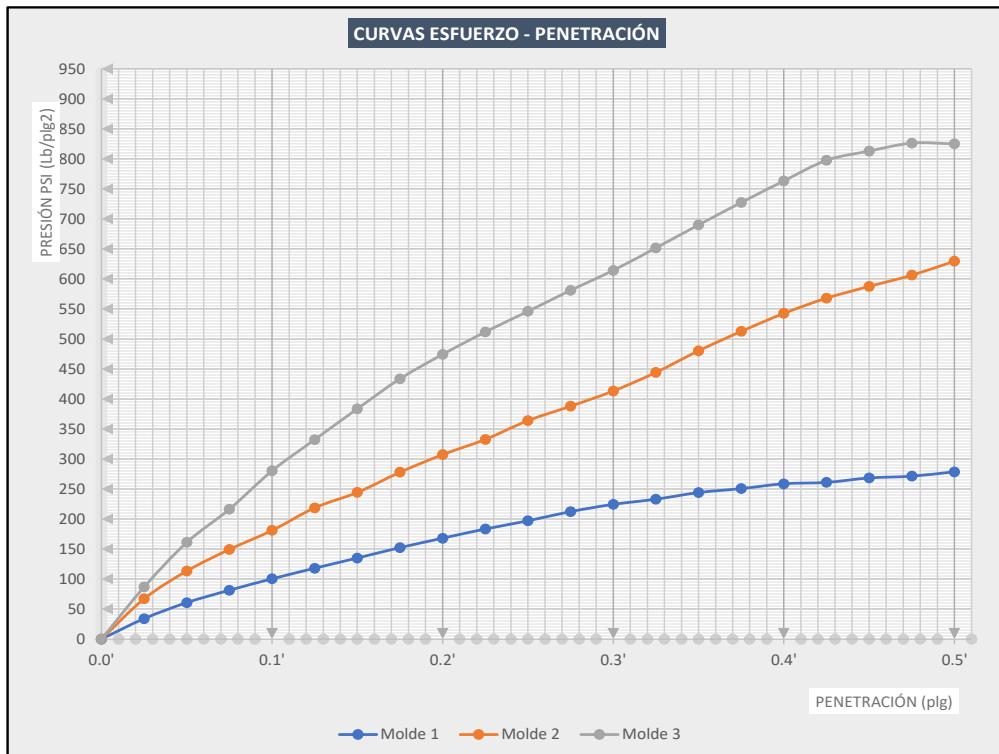
PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION	Carga Estándar (Lb/plg2)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
		pulg.	mm.	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000			0	0.00	0	0.00
0.025	0.635			102	34.00	201	67.00
0.050	1.270			182	60.67	340	113.33
0.075	1.905			244	81.33	448	149.33
0.100	2.540	1000.00		301	100.33	543	181.00
0.125	3.175			354	118.00	656	218.67
0.150	3.810			405	135.00	733	244.33
0.175	4.445			457	152.33	834	278.00
0.200	5.080	1500.00		504	168.00	922	307.33
0.225	5.715			550	183.33	998	332.67
0.250	6.350			591	197.00	1092	364.00
0.275	6.985			637	212.33	1164	388.00
0.300	7.620	1900.00		673	224.33	1240	413.33
0.325	8.255			699	233.00	1333	444.33
0.350	8.890			732	244.00	1441	480.33
0.375	9.525			752	250.67	1538	512.67
0.400	10.160	2300.00		776	258.67	1628	542.67
0.425	10.795			783	261.00	1704	568.00
0.450	11.430			805	268.33	1763	587.67
0.475	12.065			814	271.33	1819	606.33
0.500	12.700	2600.00		836	278.67	1889	629.67

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (MTC E 132 - ASTM D 1883)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".
Localización: Av. Aviación, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Ancash.
Muestra: Calicata N° 02 Estrato 1 Profundidad: 1.50 m
Coordinadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N

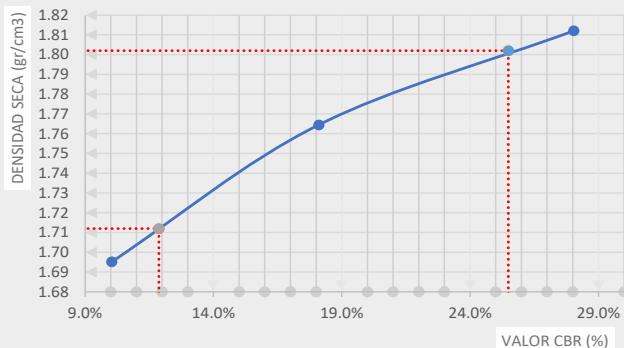
MUESTRA PATRÓN



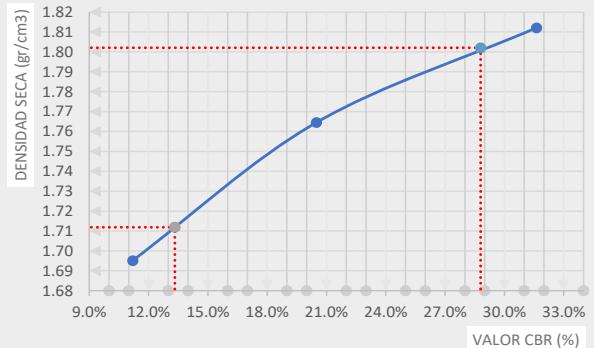
CORRECCIÓN DEL CBR

Penetración (plg)	Carga Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presion	% CBR	Presion	% CBR	Presion	% CBR
0.1"	1000	100.33	10.03%	181.00	18.10%	280.33	28.03%
0.2"	1500	168.00	11.20%	307.33	20.49%	474.33	31.62%

CURVA CBR VS MDS (0.1")



CURVA CBR VS MDS (0.2")



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.712 gr/cm³	11.88%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.802 gr/cm³	25.49%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 02 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordinadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N

SUELOS + 10% ESCOMBROS

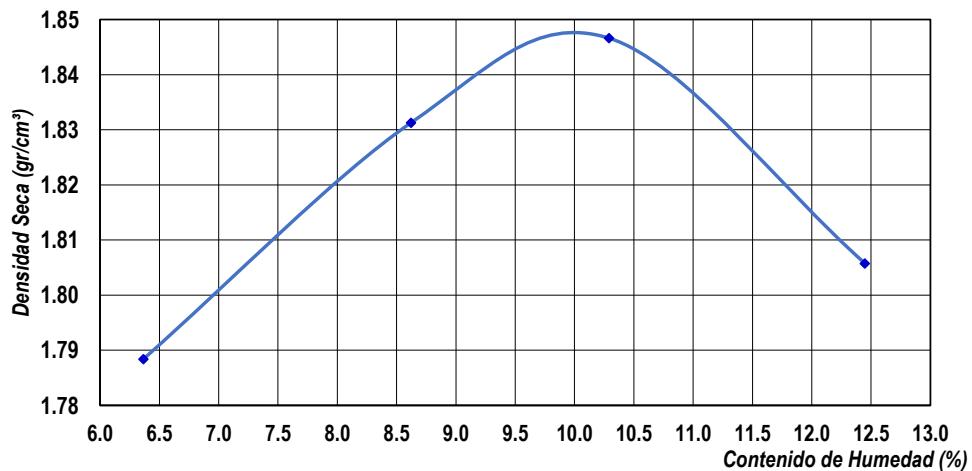
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	6158.00	6158.00	6158.00	6158.00
2. Peso molde + muestra humeda	10205	10390	10491	10478
3. Peso muestra humeda (gr)	4047.00	4232.00	4333.00	4320.00
4. Volumen molde (cm ³)	2127.51	2127.51	2127.51	2127.51
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.902	1.989	2.037	2.031

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	224.60	214.90	224.90	227.50
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	580.50	621.80	641.80	586.10
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	559.20	589.50	602.90	546.40
4. Peso agua (gr)	21.30	32.30	38.90	39.70
5. Peso Suelo seco (gr)	334.60	374.60	378.00	318.90
Contenido Humedad (%)	6.366%	8.623%	10.291%	12.449%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.788	1.831	1.847	1.806

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.848 gr/cm³
Humedad Optima	10.10%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL INDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".
Localización: AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.
Muestra: Calicata N°02 Estrato 01
Coordenadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N

SUELOS + 10% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.848 qr/cm ³
Humedad Óptima	10.10%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11318.0	11424.4	11530.2
3. Peso muestra húmeda (gr)	4159.40	4272.50	4379.20
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (qr/cm ³)	1.934	2.008	2.036

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.	Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	259.700	213.900	235.900
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	553.20	569.60	558.80
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	524.90	534.60	530.10
4. Peso agua (gr)	28.30	35.00	28.70
5. Peso Suelo seco (gr)	265.20	320.70	294.20
Contenido Humedad (%)	10.67%	10.91%	9.76%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.747	1.810	1.855

Área de Piston: 3 plg² = #####

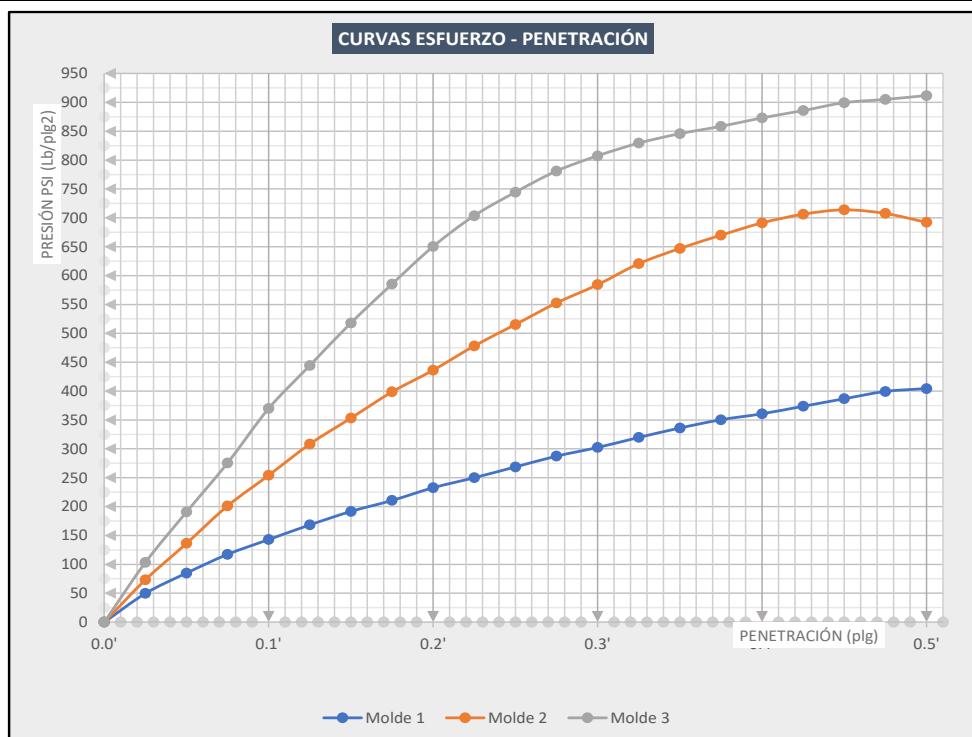
PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		149	49.67	220	73.33	310	103.33
0.050	1.270		255	85.00	409	136.33	572	190.67
0.075	1.905		352	117.33	604	201.33	827	275.67
0.100	2.540	1000.00	429	143.00	763	254.33	1110	370.00
0.125	3.175		505	168.33	925	308.33	1333	444.33
0.150	3.810		575	191.67	1060	353.33	1554	518.00
0.175	4.445		632	210.67	1196	398.67	1756	585.33
0.200	5.080	1500.00	698	232.67	1309	436.33	1951	650.33
0.225	5.715		750	250.00	1435	478.33	2111	703.67
0.250	6.350		806	268.67	1546	515.33	2233	744.33
0.275	6.985		862	287.33	1658	552.67	2343	781.00
0.300	7.620	1900.00	907	302.33	1753	584.33	2422	807.33
0.325	8.255		959	319.67	1862	620.67	2488	829.33
0.350	8.890		1008	336.00	1941	647.00	2537	845.67
0.375	9.525		1051	350.33	2010	670.00	2575	858.33
0.400	10.160	2300.00	1082	360.67	2074	691.33	2619	873.00
0.425	10.795		1121	373.67	2119	706.33	2657	885.67
0.450	11.430		1160	386.67	2142	714.00	2698	899.33
0.475	12.065		1198	399.33	2123	707.67	2715	905.00
0.500	12.700	2600.00	1213	404.33	2077	692.33	2735	911.67

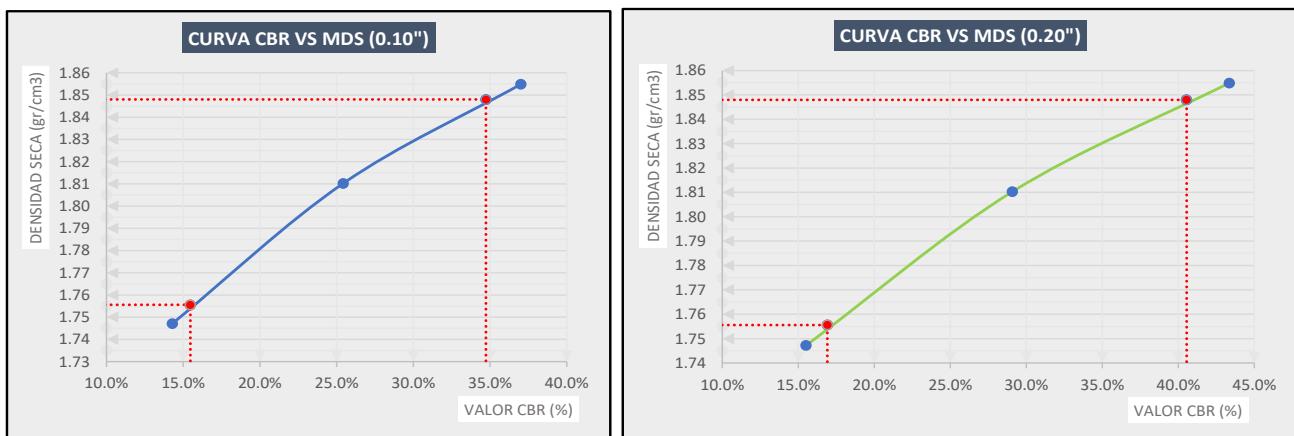
VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".
Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.
Muestra: Calicata N°02 Estrato N° 01
Coordenadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N **Profundidad:** 1.50 m

SUELOS + 10% ESCOMBROS



Penetración (plg)	Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
		1000	143.00	254.33	25.43%	370.00	37.00%
0.1	1000	143.00	14.30%	254.33	25.43%	370.00	37.00%
0.2	1500.00	232.67	15.51%	436.33	29.09%	650.33	43.36%



CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.756 gr/cm ³	0.1"	0.2"
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.848 gr/cm ³	15.46%	16.92%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JÓVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N° 02	Estrato:	01
Coordenadas:	770020.87m E - 8990875.76 m N		

SUELOS + 15% ESCOMBROS

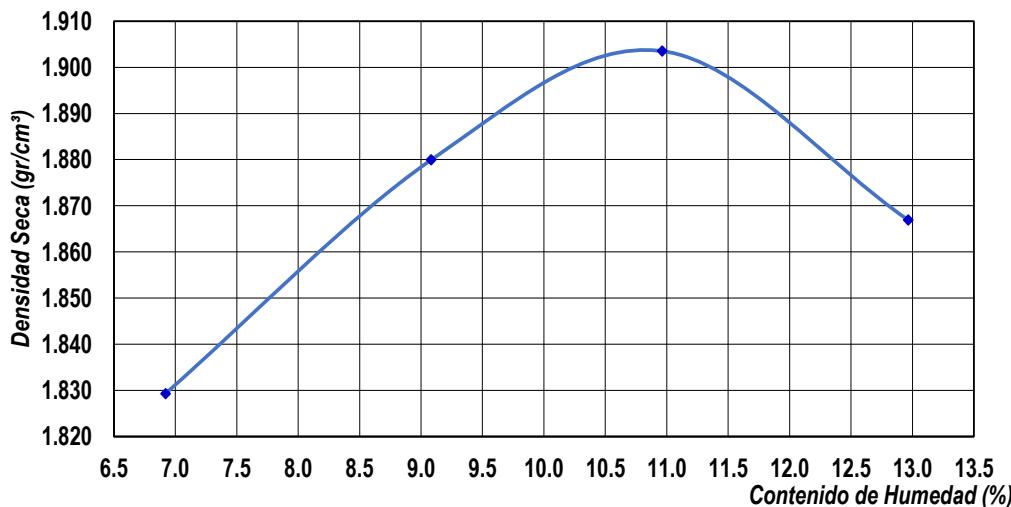
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	6154.00	6154.00	6154.00	6154.00
2. Peso molde + muestra humeda	10319.00	10521.00	10652.00	10645.00
3. Peso muestra humeda (gr)	4165.00	4367.00	4498.00	4491.00
4. Volumen molde (cm ³)	2129.49	2129.49	2129.49	2129.49
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.956	2.051	2.112	2.109

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	26.10	25.00	24.30	25.60
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	180.60	165.50	175.10	189.40
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	170.60	153.80	160.20	170.60
4. Peso agua (gr)	10.00	11.70	14.90	18.80
5. Peso Suelo seco (gr)	144.50	128.80	135.90	145.00
Contenido Humedad (%)	6.920%	9.084%	10.964%	12.966%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.829	1.880	1.904	1.867

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.903 gr/cm³
Humedad Optima	10.70%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL INDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°02	Estrato	01
Coordenadas:	770020.87m E - 8990875.76 m N		

SUELOS + 15% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.903 gr/cm ³
Humedad Óptima	10.70%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11453.3	11551.0	11705.0
3. Peso muestra húmeda (gr)	4294.70	4399.10	4554.00
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.997	2.067	2.117

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.		
Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	210.300	225.200	230.800
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	499.20	521.20	480.10
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	470.50	492.60	455.70
4. Peso agua (gr)	28.70	28.60	24.40
5. Peso Suelo seco (gr)	260.20	267.40	224.90
Contenido Humedad (%)	11.03%	10.70%	10.85%
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.798	1.868	1.910

$$\text{Área de Piston: } 3 \text{ plg}^2 = \text{#####}$$

PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		248	82.67	426	142.00	511	170.33
0.050	1.270		446	148.67	874	291.33	1110	370.00
0.075	1.905		636	212.00	1282	427.33	1691	563.67
0.100	2.540	1000.00	889	296.33	1713	571.00	2312	770.67
0.125	3.175		1044	348.00	2080	693.33	2884	961.33
0.150	3.810		1256	418.67	2409	803.00	3436	1145.33
0.175	4.445		1381	460.33	2725	908.33	3987	1329.00
0.200	5.080	1500.00	1524	508.00	2947	982.33	4409	1469.67
0.225	5.715		1651	550.33	3166	1055.33	4753	1584.33
0.250	6.350		1761	587.00	3338	1112.67	5075	1691.67
0.275	6.985		1875	625.00	3519	1173.00	5291	1763.67
0.300	7.620	1900.00	1929	643.00	3682	1227.33	5496	1832.00
0.325	8.255		2040	680.00	3797	1265.67	5605	1868.33
0.350	8.890		2074	691.33	3889	1296.33	5684	1894.67
0.375	9.525		2146	715.33	3992	1330.67	5724	1908.00
0.400	10.160	2300.00	2168	722.67	4108	1369.33	5790	1930.00
0.425	10.795		2222	740.67	4185	1395.00	5838	1946.00
0.450	11.430		2238	746.00	4264	1421.33	5857	1952.33
0.475	12.065		2269	756.33	4329	1443.00	5847	1949.00
0.500	12.700	2600.00	2271	757.00	4399	1466.33	5810	1936.67

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

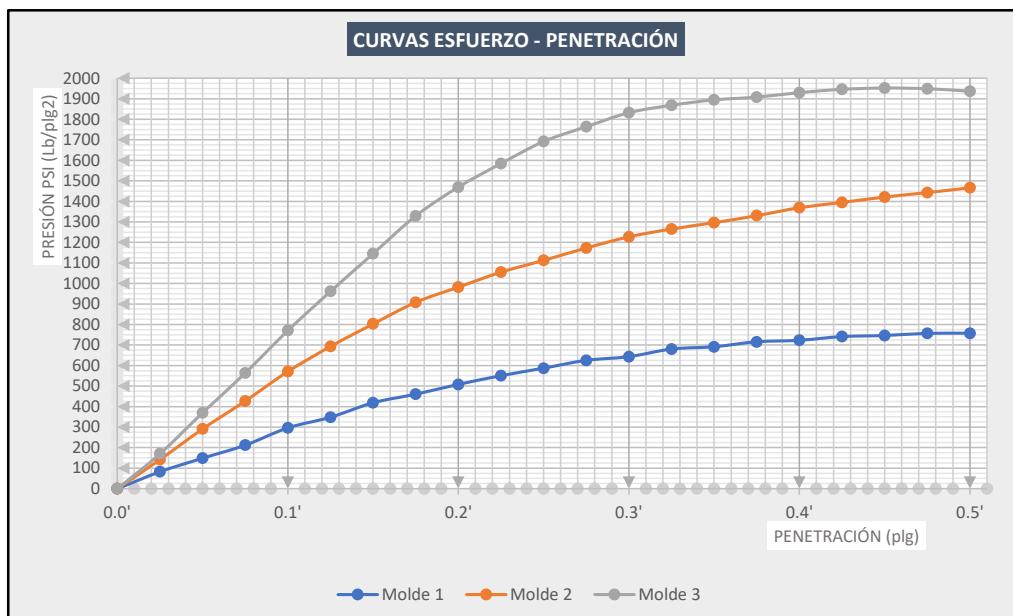
Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N°02 Estrato N° 01

Coordenadas: 0 **Profundidad:** 1.50 m

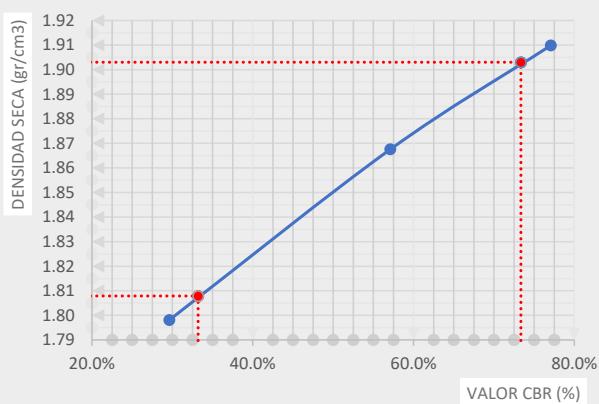
SUELOS + 10% ESCOMBROS



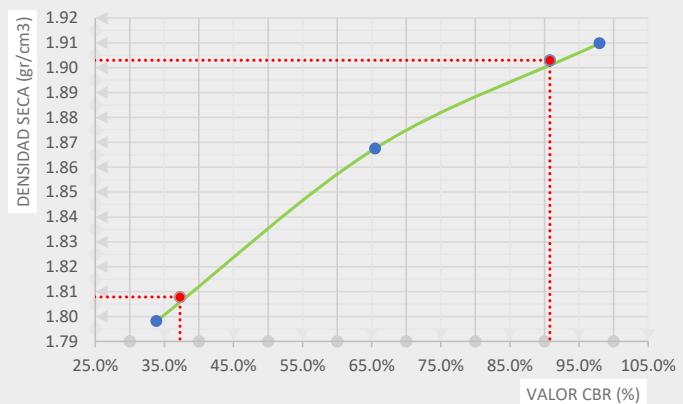
CORRECCIÓN DEL CBR

Penetración (plg)	Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
0.1	1000	296.33	29.63%	571.00	57.10%	770.67	77.07%
0.2	1500.00	508.00	33.87%	982.33	65.49%	1469.67	97.98%

CURVA CBR VS MDS (0.10")



CURVA CBR VS MDS (0.20")



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.808 gr/cm³	33.21%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.903 gr/cm³	73.36%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE PERÚ
Localización: AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.
Muestra: Calicata N° 02 Estrato: 01 Profundidad: 1.50 m
Coordinadas: 770020.87m E - 8990875.76 m N

SUELOS + 20% ESCOMBROS

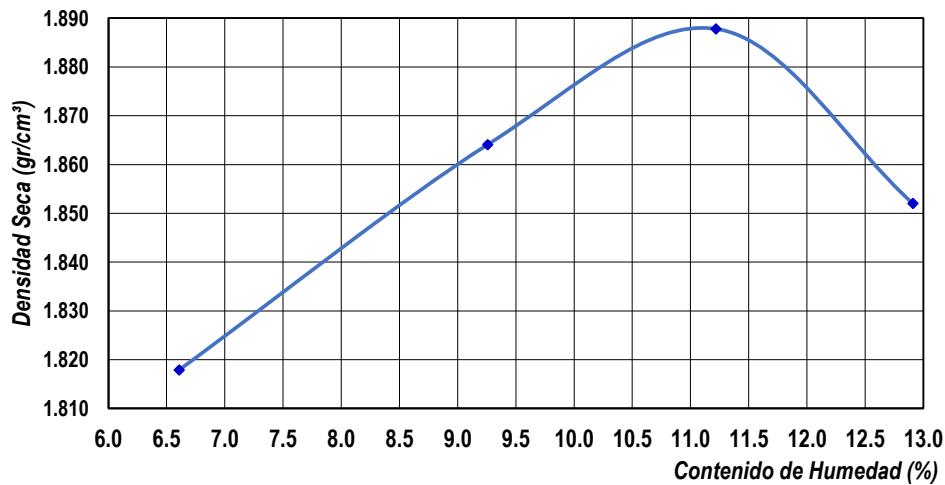
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	6150.00	6150.00	6150.00	6150.00
2. Peso molde + muestra humeda	10277.00	10487.00	10621.00	10603.00
3. Peso muestra humeda (gr)	4127.00	4337.00	4471.00	4453.00
4. Volumen molde (cm ³)	2129.49	2129.49	2129.49	2129.49
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.938	2.037	2.100	2.091

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	29.30	27.50	28.40	28.90
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	174.50	158.50	143.60	142.60
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	165.50	147.40	131.98	129.60
4. Peso agua (gr)	9.00	11.10	11.62	13.00
5. Peso Suelo seco (gr)	136.20	119.90	103.58	100.70
Contenido Humedad (%)	6.608%	9.258%	11.218%	12.910%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.818	1.864	1.888	1.852

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.888 gr/cm³
Humedad Optima	11.10%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JÓVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°02	Estrato	01
Coordenadas:	770020.87m E - 8990875.76 m N	Profundidad:	1.50 m

SUELOS + 20% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.888 gr/cm ³
Humedad Óptima	11.10%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11425.7	11540.9	11691.9
3. Peso muestra húmeda (gr)	4267.10	4389.00	4540.90
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.984	2.063	2.111

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.		
Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	210.700	206.200	203.200
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	509.40	566.13	587.30
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	478.70	528.90	547.60
4. Peso agua (gr)	30.70	37.23	39.70
5. Peso Suelo seco (gr)	268.00	322.70	344.40
Contenido Humedad (%)	11.46%	11.54%	11.53%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.780	1.849	1.893

Área de Piston: 3 $\pi d^2 = 19.355 \text{ cm}^2$

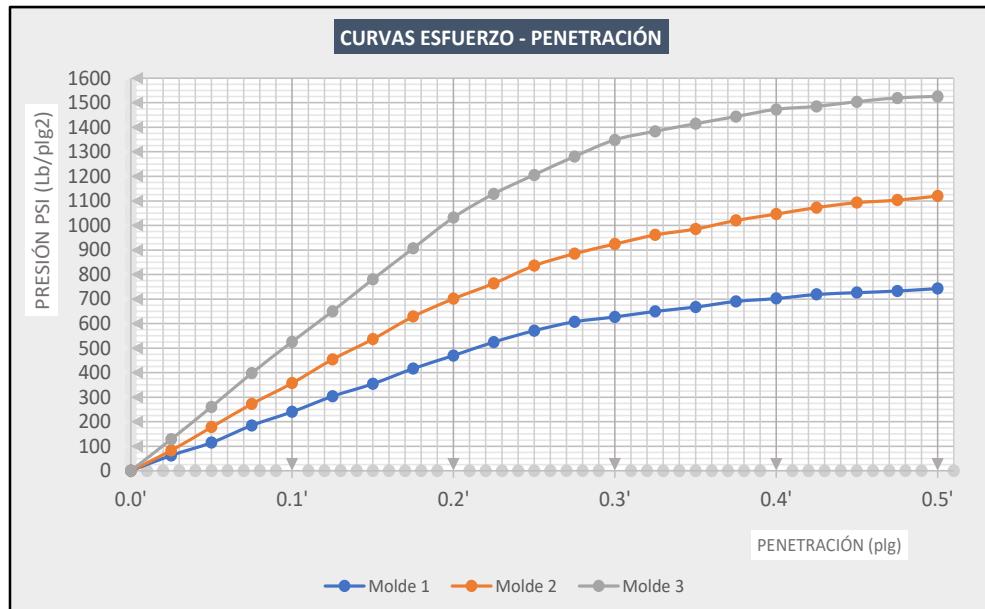
PRUEBA DE PENETRACIÓN

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		188	62.67	248	82.67	385	128.33
0.050	1.270		345	115.00	534	178.00	782	260.67
0.075	1.905		555	185.00	818	272.67	1194	398.00
0.100	2.540	1000.00	722	240.67	1072	357.33	1578	526.00
0.125	3.175		911	303.67	1362	454.00	1950	650.00
0.150	3.810		1064	354.67	1610	536.67	2341	780.33
0.175	4.445		1250	416.67	1886	628.67	2719	906.33
0.200	5.080	1500.00	1410	470.00	2104	701.33	3096	1032.00
0.225	5.715		1575	525.00	2292	764.00	3385	1128.33
0.250	6.350		1714	571.33	2508	836.00	3617	1205.67
0.275	6.985		1823	607.67	2655	885.00	3842	1280.67
0.300	7.620	1900.00	1882	627.33	2773	924.33	4045	1348.33
0.325	8.255		1950	650.00	2884	961.33	4150	1383.33
0.350	8.890		2003	667.67	2957	985.67	4242	1414.00
0.375	9.525		2072	690.67	3061	1020.33	4330	1443.33
0.400	10.160	2300.00	2107	702.33	3139	1046.33	4418	1472.67
0.425	10.795		2157	719.00	3219	1073.00	4454	1484.67
0.450	11.430		2179	726.33	3279	1093.00	4512	1504.00
0.475	12.065		2199	733.00	3310	1103.33	4558	1519.33
0.500	12.700	2600.00	2229	743.00	3360	1120.00	4576	1525.33

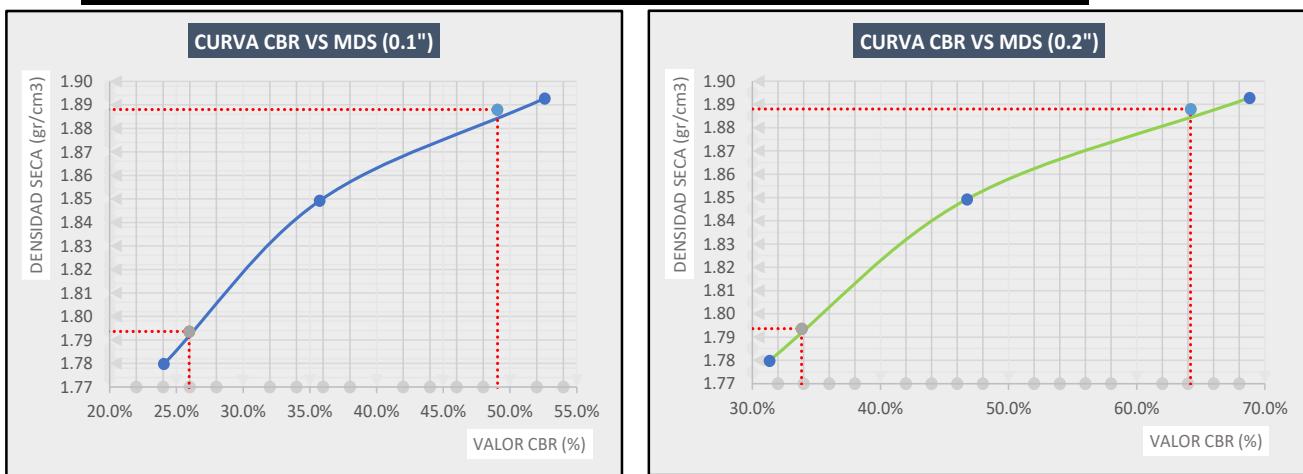
VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°02	Estrato	0
Coordinadas:	770020.87m E - 8990875.76 m N		

SUELOS + 20% ESCOMBROS



Penetración (plg)	Carga Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
0.1	1000	240.67	24.07%	357.33	35.73%	526.00	52.60%
0.2	1500.00	470.00	31.33%	701.33	46.76%	1032.00	68.80%



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.794 gr/cm ³	25.96%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.888 gr/cm ³	49.07%

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E107)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

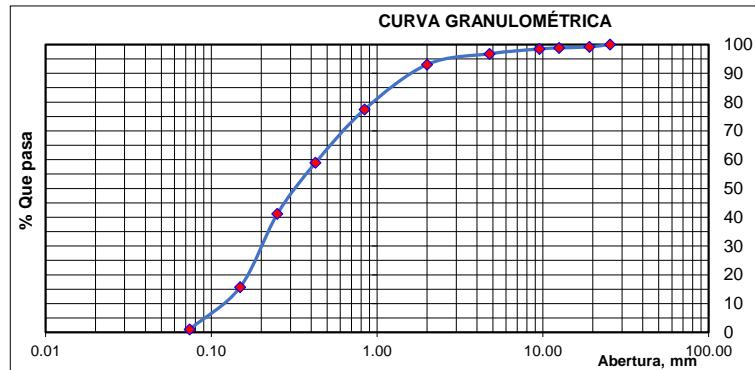
Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 03 Estrato 01 Profundidad: 1.50 m
Coordenadas: 769816.68m E - 8990832.61m N

MUESTRA PATRON

Peso total de la muestra (g)	2950.00
Peso final de la muestra (g)	2931.06

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
1"	25.400	0.00	100.00%
3/4"	19.050	25.30	99.14%
1/2"	12.500	10.35	98.78%
3/8"	9.525	10.12	98.44%
N°4	4.760	49.00	96.77%
N°10	2.000	110.20	93.01%
N°20	0.840	456.90	77.42%
N°40	0.425	542.30	58.92%
N°60	0.250	520.40	41.16%
N°100	0.149	746.50	15.69%
N°200	0.074	429.04	1.06%
> N°200		30.95	



Cu: 3.32

Cc: 0.76

2. LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129:1999)

A. LIMITE LIQUIDO

PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	4
1. Numero de golpes				
2. Peso de la tara (gr)				
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)				
4. Peso tara + Suelo seco (gr)				
5. Peso agua (gr)				
6. Peso Suelo seco (gr)				
7. Contenido Humedad (%)				

NO PRESENTA

Grava %	3.23%
Arena %	95.71%
Finos %	1.06%
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Indice de Plasticidad	NP
Contenido Humedad	2.36%
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AAHSTO	A-3(0)
Índice de Grupo	0.00

B. LIMITE PLASTICO

PARAMETRO	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)			
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)			
3. Peso tara + Suelo seco (gr)			
4. Peso agua (gr)			
5. Peso Suelo seco (gr)			
6. Contenido Humedad (%)			

NO PRESENTA

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (E 108)

PARAMETROS	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	27.30	25.65	25.80
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	112.01	96.30	126.90
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	109.80	94.80	124.70
4. Peso agua (gr)	2.21	1.50	2.20
5. Peso Suelo seco (gr)	82.50	69.15	98.90
6. Contenido Humedad (%)	2.68%	2.17%	2.22%

2.36%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 03 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordenadas: 769816.68m E - 8990832.61m N

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 1.06%

1.06%

%FINOS<50%

SUELO DE PARTICULAS GRUESAS

2. Porcentaje que pasa la malla N°4: 96.77%

96.77%

%ARENA>50%

ARENA

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN:

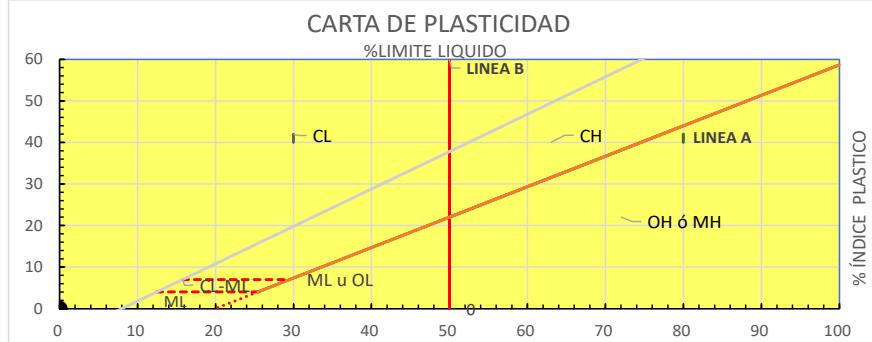
%FINOS<5%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU:	3.32
CC:	0.76

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL:	NP
IP:	NP



En conclusión es un suelo:

SP

ARENA MAL GRADUADO

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 1.06%

1.06%

%FINOS<=35%

MATERIALES GRANULARES

2. Porcentaje que pasa la malla N°40: 77.42%

77.42%

3. Porcentaje que pasa la malla N°10: 93.01%

93.01%

CRITERIO GRANULOMETRÍA
CU: 3.32
CC: 0.76

CRITERIO LIMITES ATTERBEG
LL: NP
IP: NP

ÍNDICE DE GRUPO

0

CARACTERISTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

MATERIALES GRANULARES

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-3	ARENA FINA	EXCELENTE O BUENO

En conclusión es un suelo:

A-3(0)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N°03 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordinadas: 769816.68m E - 8990832.61m N

MUESTRA PATRON

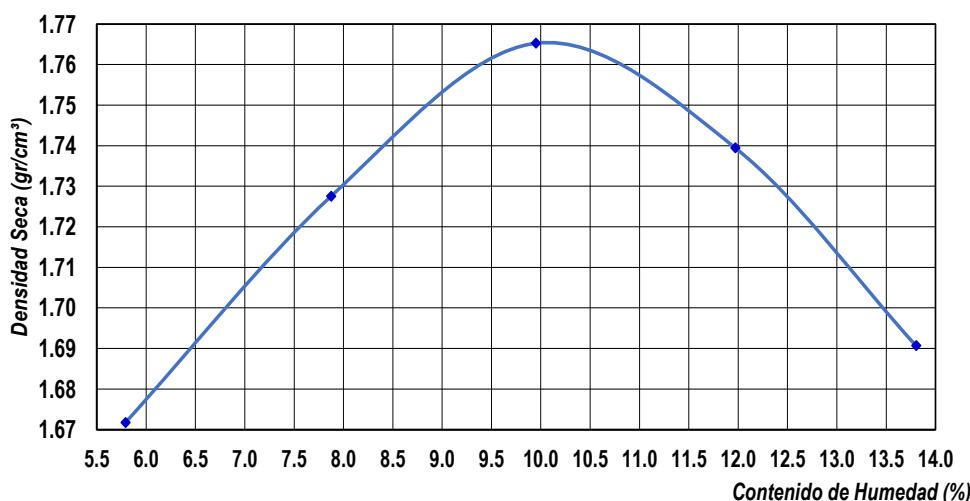
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4	5
1. Peso del molde (gr)	6150	6150	6150	6150	6150
2. Peso molde + muestra humeda	10039	10248	10418	10433	10381
3. Peso muestra humeda (gr)	3889	4098	4268	4283	4231
4. Volumen molde (cm ³)	2199.00	2199.00	2199.00	2199.00	2199.00
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.769	1.864	1.941	1.948	1.924

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4	Tara 5
1. Peso de la tara (gr)	24.50	27.80	26.50	24.90	28.10
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	99.40	100.40	113.80	101.60	108.90
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	95.30	95.10	105.90	93.40	99.10
4. Peso agua (gr)	4.10	5.30	7.90	8.20	9.80
5. Peso Suelo seco (gr)	70.80	67.30	79.40	68.50	71.00
Contenido Humedad (%)	5.791%	7.875%	9.950%	11.971%	13.803%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.672	1.728	1.765	1.739	1.691

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.765 gr/cm ³
Humedad Optima	9.90%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CBR

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: Av. Aviacion, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Ancash.

Muestra: Calicata N° 03 Estrato 01 Profundidad: 1.50 m

Coordenadas: 769816.68m E - 8990832.61m N

MUESTRA PATRÓN

Densidad Máxima	1.765 gr/cm ³
Humedad Óptima	9.90%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Número de capas	5	5	5
Número de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11102	11180	11341
3. Peso muestra húmeda (gr)	3943.40	4028.10	4190.00
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.833	1.893	1.948

3. CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.

Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	25.30	24.60	27.20
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	150.24	141.90	119.30
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	138.70	131.50	110.90
4. Peso agua (gr)	11.54	10.40	8.40
5. Peso Suelo seco (gr)	113.40	106.90	83.70
Contenido Humedad (%)	10.18%	9.73%	10.04%
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.664	1.725	1.770

Área de Piston: 3 plg² = 19.355

PRUEBA DE PENETRACIÓN

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		98	32.67	155	51.67	193	64.33
0.050	1.270		145	48.33	283	94.33	401	133.67
0.075	1.905		183	61.00	366	122.00	572	190.67
0.100	2.540	1000.00	234	78.00	454	151.33	745	248.33
0.125	3.175		279	93.00	546	182.00	919	306.33
0.150	3.810		329	109.67	626	208.67	1075	358.33
0.175	4.445		384	128.00	704	234.67	1235	411.67
0.200	5.080	1500.00	441	147.00	799	266.33	1418	472.67
0.225	5.715		473	157.67	857	285.67	1602	534.00
0.250	6.350		526	175.33	960	320.00	1768	589.33
0.275	6.985		568	189.33	1051	350.33	1963	654.33
0.300	7.620	1900.00	606	202.00	1144	381.33	2152	717.33
0.325	8.255		629	209.67	1229	409.67	2285	761.67
0.350	8.890		665	221.67	1347	449.00	2347	782.33
0.375	9.525		682	227.33	1434	478.00	2408	802.67
0.400	10.160	2300.00	711	237.00	1514	504.67	2452	817.33
0.425	10.795		717	239.00	1564	521.33	2505	835.00
0.450	11.430		741	247.00	1612	537.33	2521	840.33
0.475	12.065		746	248.67	1645	548.33	2527	842.33
0.500	12.700	2600.00	772	257.33	1680	560.00	2511	837.00

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (MTC E 132 - ASTM D 1883)

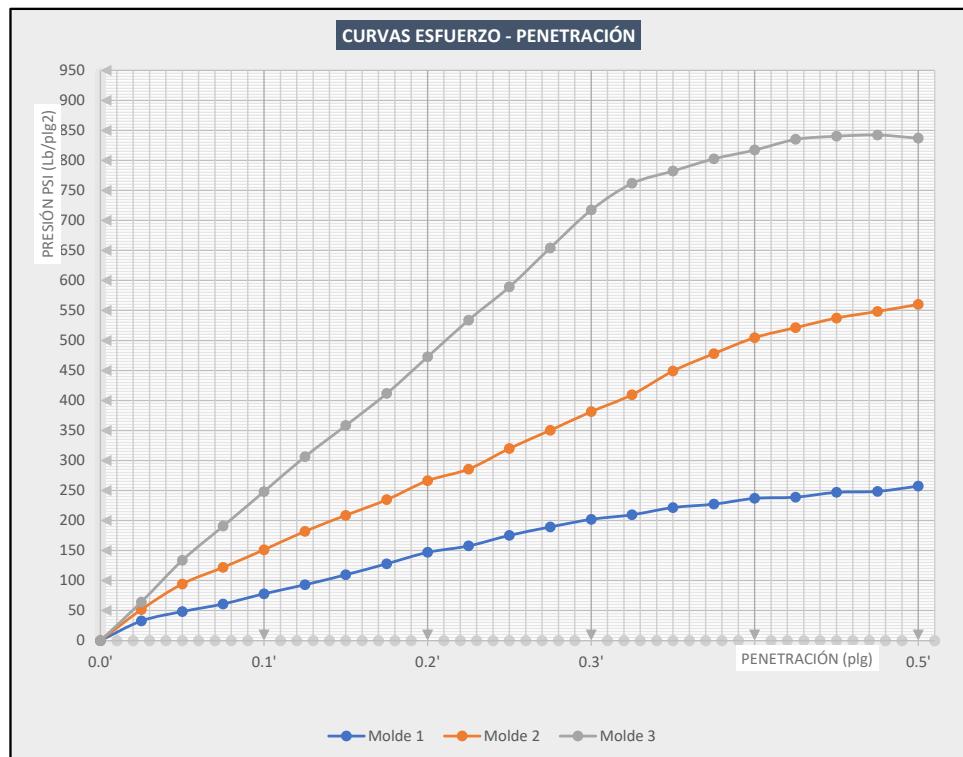
Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: Av. Aviacion, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa, Ancash.

Muestra: Calicata N° 03 Estrato 1 Profundidad: 1.50 m

Coordenadas: 769816.68m E - 8990832.61m N

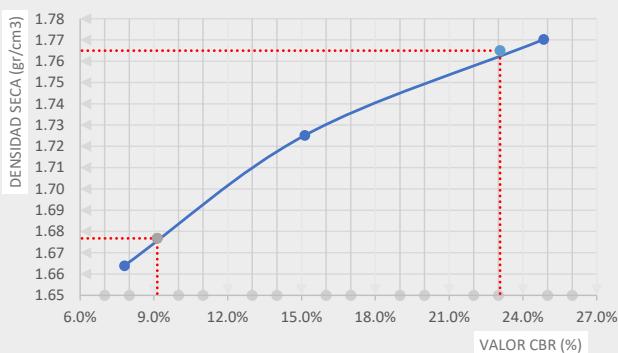
MUESTRA PATRÓN



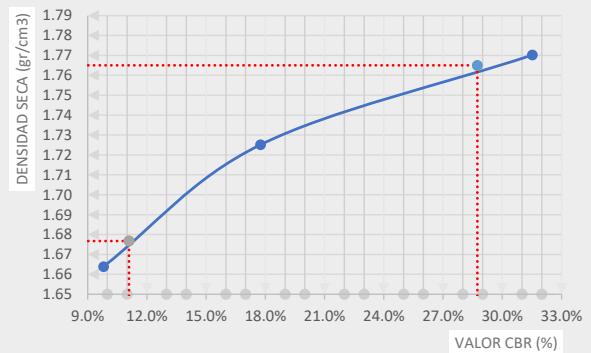
CORRECCIÓN DEL CBR

Penetración (in)	Carga Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presion	% CBR	Presion	% CBR	Presion	% CBR
0.1"	1000	78.00	7.80%	151.33	15.13%	248.33	24.83%
0.2"	1500	147.00	9.80%	266.33	17.76%	472.67	31.51%

CURVA CBR VS MDS (0.1")



CURVA CBR VS MDS (0.2")



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.677 gr/cm³	9.14%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.765 gr/cm³	23.07%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)					
Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".				
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.				
Muestra:	Calicata N° 03	Estrato:	01	Profundidad:	1.50 m
Coordenadas:	769816.68m E - 8990832.61m N				
SUELO + 10% ESCOMBROS					
PESO ESPECÍFICO					
Ensayo N°	1	2	3	4	5
1. Peso del molde (gr)	6155	6155	6155	6155	6155
2. Peso molde + muestra humeda	10139	10348	10518	10533	10481
3. Peso muestra humeda (gr)	3984	4193	4363	4378	4326
4. Volumen molde (cm ³)	2199.00	2199.00	2199.00	2199.00	2199.00
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.812	1.907	1.984	1.991	1.967
CONTENIDO HUMEDAD					
Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4	Tara 5
1. Peso de la tara (gr)	28.30	26.60	25.70	28.80	27.50
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	124.80	110.10	121.80	130.20	125.30
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	119.30	103.80	112.90	119.30	113.30
4. Peso agua (gr)	5.50	6.30	8.90	10.90	12.00
5. Peso Suelo seco (gr)	91.00	77.20	87.20	90.50	85.80
Contenido Humedad (%)	6.044%	8.161%	10.206%	12.044%	13.986%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.708	1.763	1.800	1.777	1.726
Densidad Seca vs Contenido de Humedad					
Densidad Maxima 1.801 gr/cm³ Humedad Optima 10.40%					

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL INDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ"		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°03	Estrato	01
Coordinadas:	769816.68m E - 8990832.61m N	Profundidad:	1.50 m

SUELOS + 10% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.801 gr/cm ³
Humedad Óptima	10.40%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11211	11295	11438
3. Peso muestra húmeda (gr)	4052.40	4143.10	4287.00
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.884	1.947	1.993

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.		
Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%

2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	219.80	233.10	250.30
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	413.60	464.40	415.20
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	394.25	442.70	399.80
4. Peso agua (gr)	19.35	21.70	15.40
5. Peso Suelo seco (gr)	174.45	209.60	149.50
Contenido Humedad (%)	11.09%	10.35%	10.30%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.696	1.764	1.807

Área de Piston: 3 plg² = #####

PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg2)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		97	32.33	176	58.67	281	93.67
0.050	1.270		167	55.67	312	104.00	518	172.67
0.075	1.905		242	80.67	466	155.33	753	251.00
0.100	2.540	1000.00	301	100.33	625	208.33	959	319.67
0.125	3.175		377	125.67	781	260.33	1164	388.00
0.150	3.810		447	149.00	918	306.00	1356	452.00
0.175	4.445		504	168.00	1040	346.67	1537	512.33
0.200	5.080	1500.00	573	191.00	1177	392.33	1698	566.00
0.225	5.715		639	213.00	1282	427.33	1844	614.67
0.250	6.350		692	230.67	1389	463.00	1963	654.33
0.275	6.985		745	248.33	1465	488.33	2061	687.00
0.300	7.620	1900.00	788	262.67	1544	514.67	2131	710.33
0.325	8.255		840	280.00	1601	533.67	2193	731.00
0.350	8.890		887	295.67	1641	547.00	2234	744.67
0.375	9.525		928	309.33	1691	563.67	2264	754.67
0.400	10.160	2300.00	986	328.67	1736	578.67	2298	766.00
0.425	10.795		1033	344.33	1765	588.33	2327	775.67
0.450	11.430		1081	360.33	1793	597.67	2357	785.67
0.475	12.065		1128	376.00	1804	601.33	2364	788.00
0.500	12.700	2600.00	1198	399.33	1823	607.67	2341	780.33

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

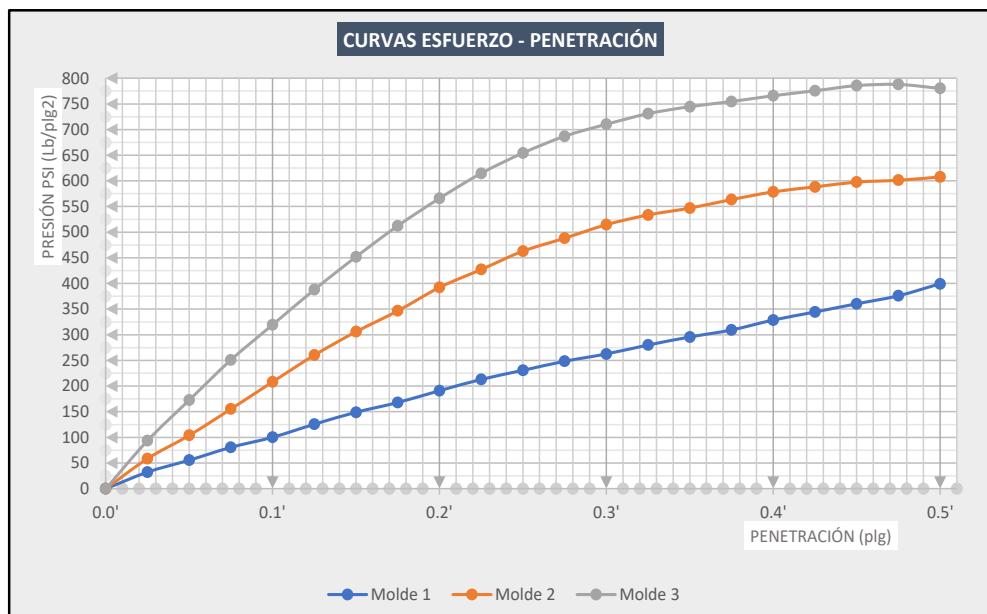
Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

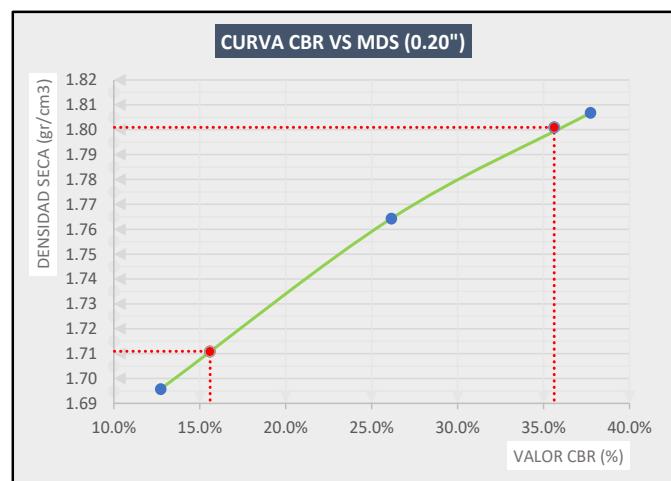
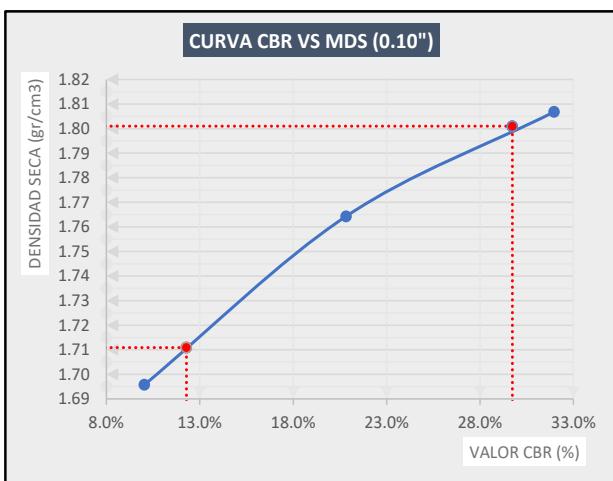
Muestra: Calicata N°03 Estrato N° 01

Coordenadas: 769816.68m E - 8990832.61m N **Profundidad:** 1.50 m

SUELOS + 10% ESCOMBROS



Penetración (plg)	Estándar	Molde 01		Molde 02		Molde 03	
		Presión	% CBR	Presión	% CBR	Presión	% CBR
0.1	1000	100.33	10.03%	208.33	20.83%	319.67	31.97%
0.2	1500.00	191.00	12.73%	392.33	26.16%	566.00	37.73%



	0.1"	0.2"
CBR 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.711 gr/cm³	12.28%
CBR 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	1.801 gr/cm³	15.60%
	29.73%	35.62%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N°03 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordenadas: 769816.68m E - 8990832.61m N

SUELO + 15% ESCOMBROS

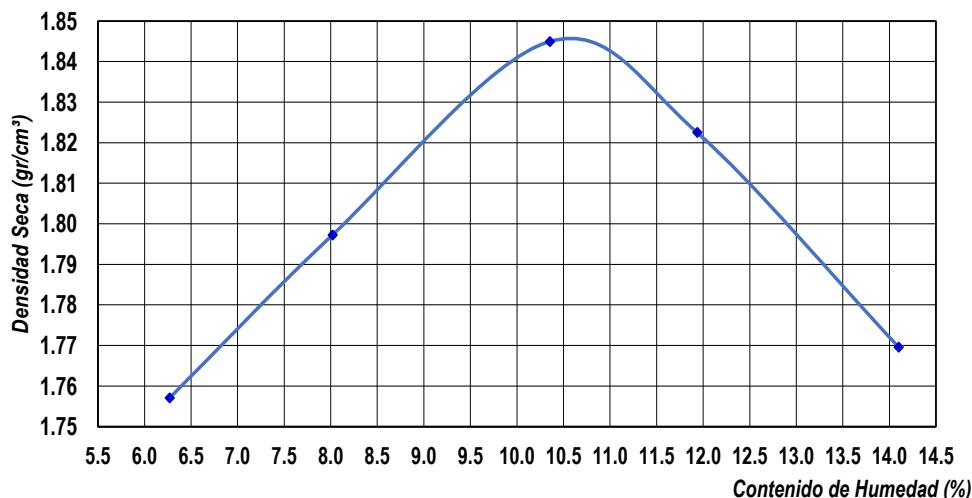
PESO ESPECIFICO

Ensayo N°	1	2	3	4	5
1. Peso del molde (gr)	6155	6155	6155	6155	6155
2. Peso molde + muestra humeda	10261	10424	10632	10641	10595
3. Peso muestra humeda (gr)	4106	4269	4477	4486	4440
4. Volumen molde (cm ³)	2199.00	2199.00	2199.00	2199.00	2199.00
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.867	1.941	2.036	2.040	2.019

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4	Tara 5
1. Peso de la tara (gr)	25.10	24.40	27.70	25.10	26.20
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	130.20	141.60	131.10	141.40	140.30
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	124.00	132.90	121.40	129.00	126.20
4. Peso agua (gr)	6.20	8.70	9.70	12.40	14.10
5. Peso Suelo seco (gr)	98.90	108.50	93.70	103.90	100.00
Contenido Humedad (%)	6.269%	8.018%	10.352%	11.935%	14.100%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.757	1.797	1.845	1.823	1.770

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.850 gr/cm³
Humedad Optima	10.60%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°03	Estrato	01
Coordinadas:	769816.68m E - 8990832.61m N		

SUELOS + 15% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.850 gr/cm ³
Humedad Óptima	10.60%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7151.9	7151.0
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11329.0	11428.0	11549.0
3. Peso muestra húmeda (gr)	4170.40	4276.10	4398.00
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.939	2.010	2.045

3 . CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.	Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

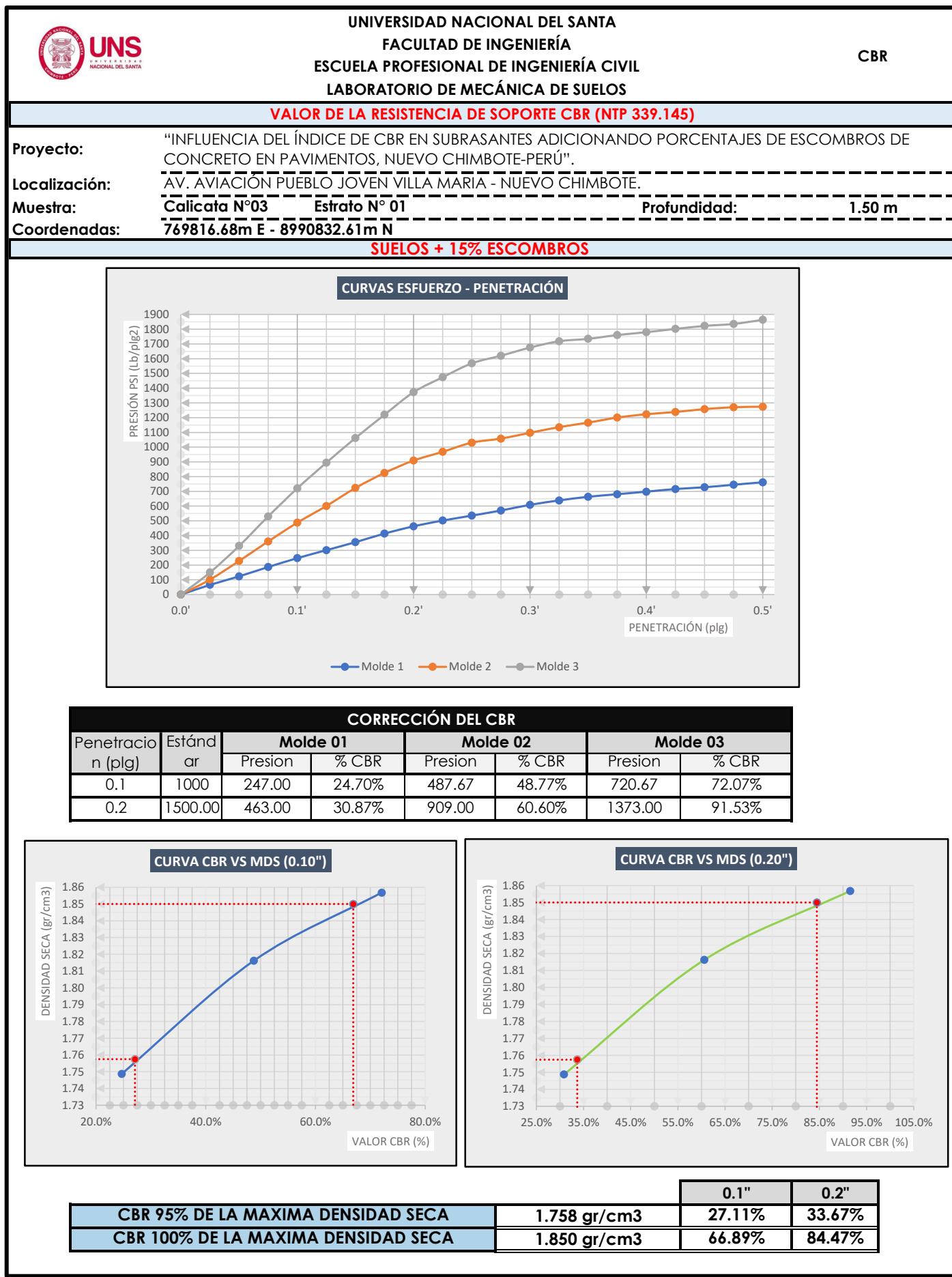
2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	218.80	225.60	227.80
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	521.90	541.60	518.60
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	492.20	511.20	491.90
4. Peso agua (gr)	29.70	30.40	26.70
5. Peso Suelo seco (gr)	273.40	285.60	264.10
Contenido Humedad (%)	10.86%	10.64%	10.11%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.749	1.816	1.857

Área de Piston: 3 plg² = #####

PRUEBA DE PENETRACION

PENETRACION		Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
pulg.	mm.		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000		0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635		198	66.00	306	102.00	451	150.33
0.050	1.270		371	123.67	684	228.00	990	330.00
0.075	1.905		561	187.00	1082	360.67	1591	530.33
0.100	2.540	1000.00	741	247.00	1463	487.67	2162	720.67
0.125	3.175		904	301.33	1803	601.00	2684	894.67
0.150	3.810		1066	355.33	2169	723.00	3186	1062.00
0.175	4.445		1241	413.67	2475	825.00	3660	1220.00
0.200	5.080	1500.00	1389	463.00	2727	909.00	4119	1373.00
0.225	5.715		1506	502.00	2905	968.33	4423	1474.33
0.250	6.350		1606	535.33	3091	1030.33	4705	1568.33
0.275	6.985		1710	570.00	3173	1057.67	4861	1620.33
0.300	7.620	1900.00	1825	608.33	3291	1097.00	5026	1675.33
0.325	8.255		1915	638.33	3406	1135.33	5155	1718.33
0.350	8.890		1989	663.00	3498	1166.00	5204	1734.67
0.375	9.525		2041	680.33	3601	1200.33	5281	1760.33
0.400	10.160	2300.00	2093	697.67	3669	1223.00	5339	1779.67
0.425	10.795		2147	715.67	3714	1238.00	5406	1802.00
0.450	11.430		2183	727.67	3773	1257.67	5467	1822.33
0.475	12.065		2234	744.67	3811	1270.33	5507	1835.67
0.500	12.700	2600.00	2284	761.33	3822	1274.00	5590	1863.33



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)

Proyecto: "INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".

Localización: AV. AVIACION PUEBLO JOVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.

Muestra: Calicata N° 03 **Estrato:** 01 **Profundidad:** 1.50 m

Coordenadas: 769816.68m E - 8990832.61m N

SUELOS + 20% ESCOMBROS

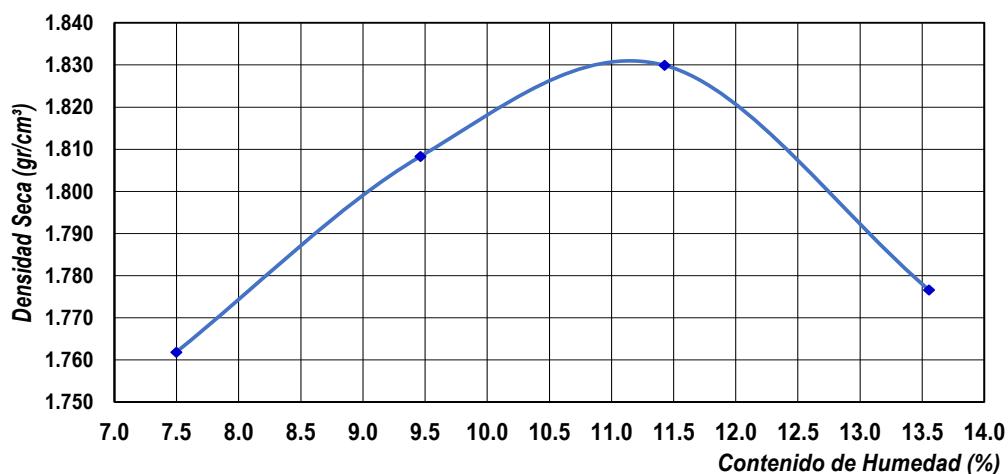
PESO ESPECÍFICO

Ensayo N°	1	2	3	4
1. Peso del molde (gr)	6155	6155	6155	6155
2. Peso molde + muestra humeda	10188	10370	10497	10451
3. Peso muestra humeda (gr)	4033	4215	4342	4296
4. Volumen molde (cm ³)	2129.49	2129.49	2129.49	2129.49
5. Densidad humeda (gr/cm ³)	1.894	1.979	2.039	2.017

CONTENIDO HUMEDAD

Porcion de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4
1. Peso de la tara (gr)	26.30	25.10	25.90	28.80
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	102.30	116.50	128.30	135.20
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	97.00	108.60	117.80	122.50
4. Peso agua (gr)	5.30	7.90	10.50	12.70
5. Peso Suelo seco (gr)	70.70	83.50	91.90	93.70
Contenido Humedad (%)	7.496%	9.461%	11.425%	13.554%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.762	1.808	1.830	1.777

Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Densidad Maxima	1.830 gr/cm³
Humedad Optima	11.20%

VALOR DE LA RESISTENCIA DE SOPORTE CBR (NTP 339.145)

Proyecto:	"INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CBR EN SUBRASANTES ADICIONANDO PORCENTAJES DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE-PERÚ".		
Localización:	AV. AVIACIÓN PUEBLO JÓVEN VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE.		
Muestra:	Calicata N°03	Estrato	01
Coordenadas:	769816.68m E - 8990832.61m N	Profundidad:	1.50 m

SUELOS + 20% ESCOMBROS

Densidad Máxima	1.8302 gr/cm ³
Humedad Óptima	11.20%

1. COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR

Molde N°	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Altura de Molde (cm)	11.70	11.65	11.70
Diámetro de Molde (cm)	15.30	15.25	15.30
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por capa	10	25	56
1. Peso del molde (gr)	7158.6	7145.0	7182.6
2. Peso molde + muestra húmeda (gr)	11288.0	11375.0	11572.0
3. Peso muestra húmeda (gr)	4129.40	4230.00	4389.40
4. Volumen molde (cm ³)	2151.090	2127.921	2151.090
5. Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.920	1.988	2.041

3. CONTROL DE EXPANSIÓN

Lecturas deformímetro durante periodo de inmersión 96 horas.	Molde 1	Molde 2	Molde 3
LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00	LI: 0.00
LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00	LF: 0.00
0.00%	0.00%	0.00%	

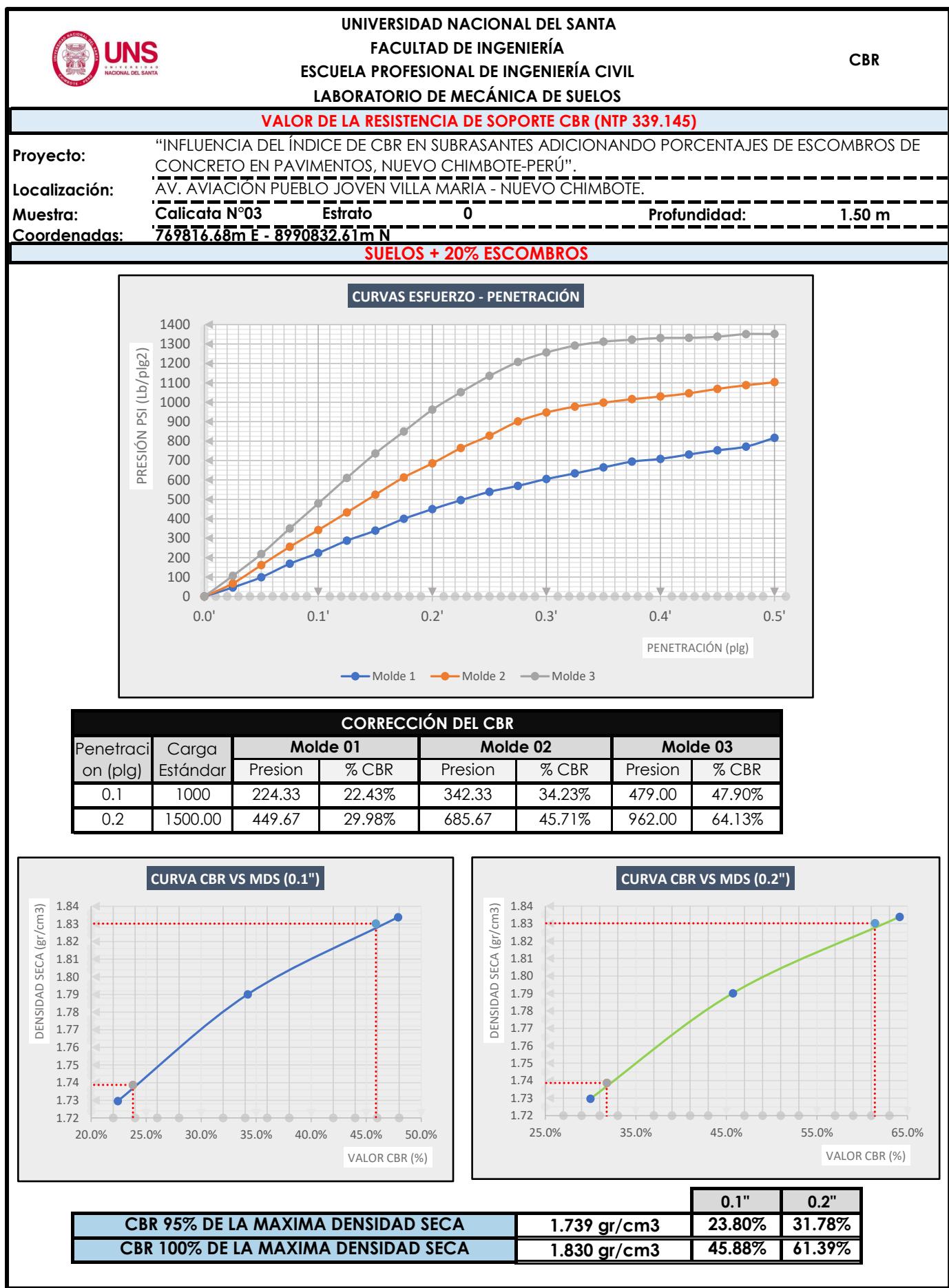
2. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Porción de Espécimen	Tara 1	Tara 2	Tara 3
1. Peso de la tara (gr)	259.700	213.900	235.900
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	552.60	552.60	521.20
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	523.60	518.90	492.30
4. Peso agua (gr)	29.00	33.70	28.90
5. Peso Suelo seco (gr)	263.90	305.00	256.40
Contenido Humedad (%)	10.99%	11.05%	11.27%
Densidad Seca (gr/cm³)	1.730	1.790	1.834

Área de Piston: 3 plg² = 19.355 cm²

PRUEBA DE PENETRACIÓN

PENETRACION pulg.	Carga Estándar (Lb/plg ²)	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
		LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION	LECTURA	PRESION
0.000	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	0.635	140	46.67	202	67.33	319	106.33
0.050	1.270	298	99.33	485	161.67	656	218.67
0.075	1.905	506	168.67	768	256.00	1051	350.33
0.100	2.540	1000.00	224.33	1027	342.33	1437	479.00
0.125	3.175	862	287.33	1297	432.33	1831	610.33
0.150	3.810	1017	339.00	1572	524.00	2210	736.67
0.175	4.445	1199	399.67	1840	613.33	2548	849.33
0.200	5.080	1500.00	449.67	2057	685.67	2886	962.00
0.225	5.715	1487	495.67	2292	764.00	3156	1052.00
0.250	6.350	1617	539.00	2485	828.33	3407	1135.67
0.275	6.985	1709	569.67	2704	901.33	3622	1207.33
0.300	7.620	1900.00	605.00	2842	947.33	3769	1256.33
0.325	8.255	1901	633.67	2933	977.67	3875	1291.67
0.350	8.890	1994	664.67	2994	998.00	3936	1312.00
0.375	9.525	2083	694.33	3048	1016.00	3968	1322.67
0.400	10.160	2300.00	708.67	3089	1029.67	3994	1331.33
0.425	10.795	2194	731.33	3139	1046.33	3997	1332.33
0.450	11.430	2258	752.67	3208	1069.33	4014	1338.00
0.475	12.065	2315	771.67	3263	1087.67	4054	1351.33
0.500	12.700	2600.00	816.67	3310	1103.33	4055	1351.67



7.8 Anexo N°08. Estudio De Tráfico

Tabla 30.

Resumen de estudio de tráfico, vehículos ligeros.

DIA	Automóvil	S. Wagon	Camionetas			Micro	
			Pick Up	Panel	Rural		
LUNES (01/09/2025)	ENTRADA	37	27	14	3	18	0
	SALIDA	38	25	7	0	7	0
	Total	75	52	21	3	25	0
MARTES (02/09/2025)	ENTRADA	51	27	15	0	6	0
	SALIDA	44	24	12	4	11	0
	Total	95	51	27	4	17	0
MIERCOLES (03/09/2025)	ENTRADA	46	17	17	2	12	0
	SALIDA	47	25	15	3	13	0
	Total	93	42	32	5	25	0
JUEVES (04/09/2025)	ENTRADA	45	27	26	7	13	1
	SALIDA	41	33	16	6	8	1
	Total	86	60	42	13	21	2
VIERNES (05/09/2025)	ENTRADA	33	30	12	3	8	0
	SALIDA	39	30	19	4	15	0
	Total	72	60	31	7	23	0
SABADO (06/09/2025)	ENTRADA	33	31	21	2	21	0
	SALIDA	43	33	18	1	9	0
	Total	76	64	39	3	30	0
DOMINGO (07/09/2025)	ENTRADA	37	31	21	4	21	0
	SALIDA	27	26	19	3	13	0
	Total	64	57	40	7	34	0

Tabla 31.

Resumen de estudio de tráfico, vehículos pesados.

DIA	Ómnibus			Camión			Semitrayers			Traylers				
	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
LUNES (01/09/2025)	ENTRADA	20	3	1	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0
	SALIDA	14	6	1	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0
	Total	34	9	2	0	5	0	0	1	2	1	0	1	0
MARTES (02/09/2025)	ENTRADA	26	6	0	5	0	0	0	0	1	0	0	2	0
	SALIDA	20	5	7	3	4	0	3	2	0	0	1	0	0
	Total	46	11	7	8	4	0	3	2	1	0	1	2	0
MIERCOLES (03/09/2025)	ENTRADA	23	4	1	4	7	0	1	0	1	4	0	0	0
	SALIDA	25	2	0	0	8	0	1	2	0	1	3	0	0
	Total	48	6	1	4	15	0	2	2	1	5	3	0	0
JUEVES (04/09/2025)	ENTRADA	29	2	4	3	3	0	0	0	1	3	0	0	0
	SALIDA	28	7	0	3	0	0	0	2	0	3	0	0	0
	Total	57	9	4	6	3	0	0	2	1	6	0	0	0
VIERNES (05/09/2025)	ENTRADA	28	0	2	8	3	1	0	0	0	4	1	0	0
	SALIDA	20	2	0	10	6	0	6	1	0	0	0	1	0
	Total	48	2	2	18	9	1	6	1	0	4	1	1	0
	ENTRADA	23	8	3	6	4	0	4	0	0	0	0	0	0



SABADO	SALIDA	23	12	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(06/09/2025)	Total	46	20	4	10	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0
DOMINGO	ENTRADA	15	9	4	0	0	0	8	0	0	0	0	5	0	0
(07/09/2025)	SALIDA	9	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
	Total	24	14	7	0	0	0	8	0	0	0	0	7	1	0

Tabla 32.

Índice medio diario semanal, vehículos ligeros.

Orientación	Automóvil	S. wagon	Pick up	Panel	Rural	Micro
ENTRADA	40.286	27.143	18.000	3	14.143	0
SALIDA	39.857	28.000	15.143	3	10.857	0
Total	80.143	55.143	33	6	25.000	0

Tabla 33.

Índice medio diario anual, vehículos ligeros.

Orientación	Automóvil	S. wagon	Pick up	Panel	Rural	Micro
ENTRADA	38.654	26.044	17.271	3	13.570	0
SALIDA	38.243	26.866	14.530	3	10.417	0
Total	76.897	52.910	31.801	6	23.988	0

Tabla 34.

Índice medio diario semanal, vehículos pesados.

Orientación	O-2E	O->3E	C-2E	C-3E	C-4E	S-2S1/2S2	S-2S3	S-3S1 /3S2	S->3S3	T-2T2	T-2T3	T-3T2	T->3T3
ENTRADA	23	4.571	2	4	2.714	0	1.857	0	0	1.714	0.857	0	0
SALIDA	19.857	5.571	2	2.857	3.143	0	1.429	1	0	0.571	0.857	0	0
Total	43.286	10.143	4	6.571	5.857	0	3	1	1	2.286	1.714	1	0

Tabla 35.

Índice medio diario anual, vehículos pesados.

Orientación	O-2E	O->3E	C-2E	C-3E	C-4E	S-2S1/2S2	S-2S3	S- 3S1/3S2	S->3S 3	T-2T2	T-2T3	T-3T2	T->3T 3
ENTRADA	22.412	4.373	2	3.553	2.596	0	1.777	0	0	1.640	0.820	0	0
SALIDA	18.995	5.330	1.640	2.733	3.006	0	1.367	1	0	0.547	0.820	0	0
Total	41.407	9.703	3.690	6.286	5.603	0	3.143	1	1	2.187	1.640	1	0

Para poder hacer el estudio de tráfico se hizo primero el cálculo del índice medio diario semanal y anual para los tipos de vehículos ya que con estos datos podremos seguir el con cálculo del número de eje equivalentes (EE).



Ahora con el IMDa se puede calcular el transito vehículos a los 2 años donde se planea se iniciará el proyecto.

Tabla 36.

Proyección vehicular al año de estudio, vehículos ligeros.

Tipo de Vehículos	Automóvil	S. wagon	Pick up	Panel	Rural	Micro
Total, de Vehículos	77.0179	53.0123	32.0075	6	24.0056	0

Tabla 37.

Proyección vehicular al año de estudio, vehículos pesados.

Tipo de Vehículos	O-2E	O->=3E	C-2E	C-3E	C-4E	S-2S1/2S2	S-2S3	S-3S1/3S2	S->=3S3	T-2T2	T-2T3	T-3T2	T->=3T3
	41.006	10.002	4.001	6.001	6.001	0	3.0004	1.0002	1.0002	2.0003	2.0003	1.0002	0



7.9 Anexo N°09: Diseño De Pavimento Flexible



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN ADICION DE ESCOMBROS DE CONCRETO EN LA SUB RASANTE

Cargas de trafico vehicular impuesto al pavimento	ESAL(W18)	1877855
Suelo de subrasante	CBR=	9.1%
Modulo de resiliencia de la subrasante	Mr (psi) =	10529.2265
Tipo de trafico	Tipo:	TP6
Numero de etapas	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad	conf.	85%
Coeficiente estadistico de desviacion estandar normal	ZR	-1.036
Desviacion estandar combinado	So	0.45
Indice de serviciabilidad inicial segun rango de trafico	Pi	4.0
Indice de serviciabilidad final segun rango de trafico	Pt	2.5
Diferencial de serviciabilidad segun rango de trafico	Δ PSI	1.5

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5})}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Numero estructural requerido

SNR= 3.318

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS		
CAPAS	COEFICIENTE	VALOR
CAPA SUPERFICIAL	a1	0.170
BASE	a2	0.052
SUBBASE	a3	0.047

Coeficiente de drenaje para Bases y Subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Calculo de espesores de las capas

Capa Superficial	Base	SubBase
d1 = 7.6 cm	d2 = 20 cm	d3 = 25 cm

SNR (Requerido)	3.318
SNR (Resultado)	3.507

**Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (requerido)
SI CUMPLE**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, ADICIONANDO ESCOMBROS DE CONCRETO EN LA SUB RASANTE

Cargas de trafico vehicular impuesto al pavimento	ESAL(W18)	1877855
Suelo de subrasante	CBR=	27.1%
Modulo de resiliencia de la subrasante	Mr (psi) =	21115.1318
Tipo de trafico	TP6	
Numero de etapas	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad	conf.	85%
Coeficiente estadistico de desviacion estandar normal	ZR	-1.036
Desviacion estandar combinado	So	0.45
Indice de serviciabilidad inicial segun rango de trafico	Pi	4.0
Indice de serviciabilidad final segun rango de trafico	Pt	2.5
Diferencial de serviciabilidad segun rango de trafico	Δ PSI	1.5

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5})}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Numero estructural requerido

SNR = 2.509

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS		
CAPAS	COEFICIENTE	VALOR
CAPA SUPERFICIAL	a1	0.170
BASE	a2	0.052
SUBBASE	a3	0.047

Coeficiente de drenaje para Bases y Subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Calculo de espesores de las capas

Capa Superficial	Base	SubBase
d1 = 5.08 cm	d2 = 15 cm	d3 = 20 cm

SNR (Requerido)	2.509
SNR (Resultado)	2.5836

**Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (requerido)
SI CUMPLE**



7.10 Anexo N°10: Cotizaciones

GRUPO MORGAN CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES SAC

RUC: 20603070977 / E-mail: grupomorganconstructora@gmail.com / Cel: 944261271

COTIZACION 0009 - 2025

Cliente: GERARDO FEIJOO VILCHEZ
Lugar: NUEVO CHIMBOTE
Fecha: 19/10/2025



Es muy grato saludarlo y a la vez enviar nuestra cotización:

Ítem	Descripción	UND	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.00	INSUMOS - EQUIPOS				
1.01	ASFALTO LIQUIDO MC-30	GLN		13.56	
1.02	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m ³		650.00	
1.03	TRANSPORTE DE MEZCLA C/VOLQUETE 6X4 330	m ³		80.50	

EXCLUSIONES DE LA PROPUESTA:

El Presupuesto final NO INCLUYE IGV

PLAZO DE ENTREGA:

NOTA:

FORMA DE PAGO:

AL CONTADO 100%. Depositar al siguiente numero de cuenta:

CUENTA BBVA 0011-02950- 0201255789
CCI 011-295-000201255789-34

Sin otro en particular agradezco su atención prestada quedando atenta a la espera de su respuesta.

Atentamente,

ING. FERNANDA MORGAN
GERENTE GENERAL



R.U.C. 20402985098

- ❖ Obras Civiles
- ❖ Saneamiento
- ❖ Construcción de Carreteras
- ❖ Movimiento de Tierras y Rocas
- ❖ Explotación y Suministro de Agregados
- ❖ Drenaje y Termofusión de Tuberías de Polietileno
- ❖ Alquiler de Maquinaria Pesada y Equipos



R.N.C. N° 09290

COTIZACION N° 12 -2025-CS/SS

SEÑORES:

Eutiquio Renzo Callan Luna

Presente:

ASUNTO : COTIZACION DE ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA Y LIVIANA

FECHA : 11 de octubre del 2025

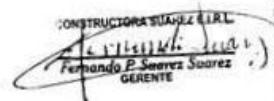
Mediante la presente me dirijo a usted, para expresarles mi más cordial saludo, y así también hacerles entrega de la cotización por el **SERVICIO DE ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA Y LIVIANA.**

DESCRIPCION	UND	PRECIO UNITARIO
RODILLO NEUMATICO AUTOP. 127 HP 8-23 TON	hm	260.00
CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125HP 2.5YD3	hm	250.00
RODILLO TANDEM ESTATICA AUT 58-70 8-10T	hm	250.00
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA 7HP	hm	55.00
BARREDORA MECANICA	hm	90.00
CAMION IMPRIMADOR 210 HP	hm	230.00
COMPRESORAS NEUMATICAS 76 HP	hm	100.00
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	300.00
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81 100 HP	hm	250.00
PAVIMENTADORA SOBRE LLANTAS	hm	250.00
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122HP 2,000	hm	250.00

CONDICIONES:

- Los precios unitarios no incluyen el IGV
- Los Precios Unitarios no Incluye movilización y desmovilización
- El precio Unitario es a todo costo

Sin otro particular, atentamente


CONSTRUCTORA SUAREZ SRL
Fernando P. Suarez Suarez
GERENTE



F U T U R A
CONSULTORES & EJECUTORES E.I.R.L.

+51922 828 590



futuracye@gmail.com



Nuevo Chimbote, 15 de Octubre del 2025

Sres.:
FEIJOO VILCHEZ GERARDO

ASUNTO: COTIZACION

Mediante la presente es grato saludarle muy cordialmente y a la vez para presentarle nuestra cotización de los sumos para Pavimentos. Los cuales detallo a continuación:

DESCRIPCIÓN	UND.	PRECIO
Mezcla Asfáltica en Caliente	M3	700.00
Líquido Asfáltico MC-30	GLN	20.80
Transporte de mezcla c/volquete (10m ³)	M3	50.00
Material granular para base y sub base	M3	35.00

ITEM	DESCRIPCION	UND.	PRECIO S./.
1	RODILLO NEU. AUTOPROP.81 - 100 HP	HM	180.00
2	PAVIMENTADORA SOBRE LLANTAS	HM	260.00
3	CAMION VOLQUETE 15M3	HM	180.00
4	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-125 HP	HM	230.00
5	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	300.00

- Todos los materiales (agregados) son puestos en obra, no incluyen el IGV.
- Las Maquinarias trabajaron como mínimo 6 horas diarias.

Agradeciendo anticipadamente por su atención, nos despedimos.

Atentamente,

F U T U R A
CONSULTORES & EJECUTORES E.I.R.L.

CARLOS ARTURO GÓMEZ BALTODANO
GERENTE GENERAL

URB. LUIS BANCHERO ROSSI L'4 - 7, NUEVO CHIMBOTE, SANTA, ANCASH

GRUPO MORGAN CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES SAC

RUC: 20603070977 / E-mail: grupomorganconstructora@gmail.com / Cel: 944261271

COTIZACION 0008 - 2025

Cliente : GERARDO FEIJOO VILCHEZ

Lugar : NUEVO CHIMBOTE

Fecha: 11/10/2025



Es muy grato saludarlos y a la vez enviar nuestra cotización:

Ítem	Descripción	UND	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.00	INSUMOS - EQUIPOS				
1.01	ESCOMBROS DE CONCRETO TRITURADOS TMN=1" PUESTO EN OBRA	M3		55.00	
1.02	AFIRMADO PARA SUB BASE PUESTO EN OBRA	M3		30.00	
1.03	AFIRMADO PARA BASE PUESTO EN OBRA	M3		36.00	

CONSIDERACIONES DE LA PROPUESTA:

EXCLUSIONES DE LA PROPUESTA:

El Presupuesto final **NO** INCLUYE IGV

PLAZO DE ENTREGA:

NOTA:

FORMA DE PAGO:

AL CONTADO 100%. Depositar al siguiente numero de cuenta:

CUENTA BBVA 0011-02950- 0201255789
CCI 011-295-000201255789-34

Sin otro en particular agradezco su atención prestada quedando atenta a la espera de su respuesta.

Atentamente,



ING. FERNANDA MORGAN
GERENTE GENERAL

7.11 Anexo N°11: Panel Fotográfico

Figura 25.

Escombros de concreto alrededor de la escuela de ingeniería civil en la Universidad Nacional del Santa - Nuevo Chimbote



Figura 26.

Escombros de concreto en Calle 02 en Villa el Periodista - Nuevo Chimbote.



Figura 27.

Escombros de concreto en Psj. Los Gladiolos en la Urb. Bellamar - Nuevo Chimbote.



Figura 28.

Escombros de concreto en Psj. Los Gladiolos en la Urb. Bellamar - Nuevo Chimbote.



Figura 29.

Exploraciones a cielo abierto (Calicatas) en la Av. aviación en villamaria – Nuevo Chimbote.



Figura 30.

Ensayo de contenido de humedad en horno.



Figura 31.

Cuarteo de escombros de concreto.



Figura 32.

Selección de escombros de concreto triturados.



Figura 33.

Ensayo granulométrico por tamizado.



Figura 34.

Ensayo granulométrico por tamizado.



Figura 35.

Espécimen para ensayo CBR sumergido en agua 96 horas.



Figura 36.

Ensayo de Proctor modificado, compactación de espécimen de 4”.



Figura 37.

Estudio de tráfico en la Av. Aviación Pj Villamaria - Nuevo Chimbote

**Figura 38.**

Ensayo de espécimen en prensa CBR.





7.12 Anexo N012: Plano de calicatas – topográfico.